http://journal.unoeste.br/index.php/ca/index
DOI: 10.5747/ca.2019.v15.n2.a289
ISSN on-line 1809-8215

Colloquium Agrariae

Submetido: 08/10/2018 Revisado: 04/04/2019 Aceito: 14/04/2019

Sanidade de híbridos de milho em função da época de semeadura, doses de N em áreas com e sem rotação de culturas

Antonio Eduardo Coelho, Luís Sangoi, Ricardo Trezzi Casa, Hugo François Kuneski, Fernando Panison, Lucieli Santini Leolato, Murilo Miguel Durli, Juliano Berghetti

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV/UDESC, Lages, SC. E-mail: coelhoagro7@gmail.com

Resumo

O sistema de rotação de culturas, a época de semeadura e a disponibilidade de nitrogênio afetam a intensidade de doenças na cultura do milho. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura sobre a incidência de podridão de colmo, grãos ardidos e a sustentação do colmo de híbridos de milho com ciclos contrastantes, em ambientes manejados com e sem rotação de culturas. Foram implantados dois experimentos a campo em Santa Catarina, Brasil: o primeiro em monocultivo, em Lages; e o segundo em rotação de culturas, em Atalanta. Foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 (ciclo super-precoce) e P30F53 VHY (ciclo precoce); duas épocas de semeadura: preferencial (início da primavera) e tardia (final da primavera); e quatro doses de nitrogênio em cobertura: 0, 150, 300 e 450 kg de N ha^{-1}. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou maior incidência de podridões de colmo e grãos ardidos do que o P30F53 VYH na semeadura tardia, principalmente na área em monocultivo. O efeito do N sobre estas variáveis dependeu do híbrido, época de semeadura e local, evidenciando que tanto o excesso quanto a falta de N podem favorecer a incidência de doenças no milho. O incremento na dose de N aumentou o diâmetro do colmo e a altura de inserção de espigas, o que incrementou a percentagem de colmos acamados do híbrido P30F53 VYH na semeadura tardia em Atalanta.

Palavras-chave: doenças de colmo; podridão de espiga; grãos avariados; acamamento; plantio direto; *zea mays*.

Diseases incidence in maize hybrids as affected by sowing date and N rate in areas managed with and without crop rotation

Abstract

The crop rotation system, the sowing date and nitrogen availability affect disease pressure on maize. This work was carried out aiming to evaluate the effect of sowing date and nitrogen side-dress rate on stem and grain rot incidence and stem support of maize hybrids with contrasting growth cycle, managed with and without crop rotation. Two field experiments were carried out in Santa Catarina State, Brazil: the first was set without crop rotation in Lages; the second was set with crop rotation in Atalanta. Two hybrids were tested: AG9025 PRO3 (super-early) and P30F53 VYH (early). Two sowing dates were assessed: preferential (early spring) and delayed (late spring). Four nitrogen side-dress rates were evaluated: 0, 150, 300 and 450 kg of N ha^{-1}. The hybrid AG9025 PRO3 was more affected by stem and grain rots than P30F53 VYH in the late sowing date, especially when it was grown without crop rotation. Nitrogen effect on stem and grain rot varied according to the hybrid, sowing date and experimental place, showing that both the lack and excess of nitrogen may favor maize disease incidence. The increment in nitrogen rate increased stem diameter and ear insertion height in Atalanta, favoring P30F53 VYH stem lodging at the late sowing date.

Keywords: stalk diseases; ear rot; rotten grains; lodging; no-tillage system; *zea mays*.

Introdução

O plantio direto é o sistema produtivo mais adequado para a produção de grãos no Brasil, bem como para outros países tropicais. Considera-se como plantio direto o sistema de produção que atende três princípios: baixa mobilização do solo, cobertura permanente do solo e rotação de culturas (DENARDIN *et al.,* 2014). Dos três fundamentos básicos, a rotação de culturas é o menos atendido pelos produtores, embora seja um ponto chave dentro do sistema, impactando diretamente a sustentabilidade, a produtividade e a rentabilidade da produção de grãos (FRANCHINI *et al.,* 2011).

A monocultura de milho é comum em pequenas propriedades, principalmente naquelas que utilizam a cultura para consumo próprio para silagem, milho rolão (milho em espiga) ou grãos secos. O milho cultivado em monocultivo, principalmente em semeadura direta, favorece o desenvolvimento de inóculo de fungos necrotróficos causadores das podridões de colmo e de espiga (DENTI; REIS, 2001; TRENTO *et al.*, 2002).

Entre os fatores bióticos que causam maior limitação à produtividade do milho destacam-se as doenças causadoras das podridões da base do colmo (COSTA *et al.*, 2010). Estas podridões promovem alterações nos feixes vasculares das plantas, comprometendo a translocação de água e nutrientes do solo para a parte aérea, com consequente redução do potencial de rendimento e qualidade dos grãos. Além disto, elas reduzem a sustentação do colmo, diminuindo a resistência ao acamamento e quebramento de plantas. Com exceção do *Colletotrichum. graminicola Ces.,* os fungos causadores das podridões de colmo são os mesmos que acarretam a redução do rendimento e da qualidade de grãos causadas pelas podridões de espigas (CASA *et al.,* 2007). As podridões de espiga induzem a formação de grãos ardidos. Estes são originários da descoloração dos grãos devido à infecção dos fungos (STEFANELLO *et al.*, 2012), sendo os principais responsáveis pela redução da qualidade dos grãos de milho principalmente no Sul do Brasil (TRENTO *et al.,* 2002).

A deficiência de nitrogênio provoca um desequilíbrio nutricional entre o colmo e a espiga, tornando a cultura do milho mais suscetível aos complexos causadores de podridão da base do colmo (WORDELL FILHO; SPAGNOLLO 2013). Por outro lado, altas concentrações de nitrogênio no solo provocam um aumento na formação de tecidos jovens, na concentração de aminoácidos no apoplasto e na superfície da folha, tornando as plantas mais suscetíveis a infecções, além de diminuir a concentração de compostos fenólicos, de lignina e silício, prejudicando o sistema de defesa das plantas contra infecções fúngicas (DORDAS 2008; FAGARD *et al.,* 2014). O desequilíbrio nutricional de N torna o milho mais suscetível a doenças, seja pela falta ou excesso de nitrogênio disponível (SANTOS *et al.,* 2013).

Híbridos mais precoces produzem menor área foliar. Esta característica aumenta a contribuição de carboidratos do colmo no enchimento de grãos, provocando maior ocorrência de podridões de colmo (BLUN *et al.,* 2003). Híbridos super-precoces apresentam também maior incidência de podridão de espigas, em relação a materiais precoces, devido ao empalhamento deficiente das espigas (PANISON *et al,.* 2016). A ocorrência de podridões pode ser agravada quando a cultura é semeada tardiamente em função da menor oferta de radiação e melhores condições agroclimáticas de infecção dos fungos que ocasionam este problema (SANGOI *et al,.* 2010).

Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura sobre a incidência de podridões de colmo, grãos ardidos e a sustentação do colmo de híbridos de milho com ciclos contrastantes, em área com rotação de culturas e monocultivo.

Material e Métodos

Os experimentos foram instalados nos municípios de Lages-SC, no ano agrícola 2015/16, e no município de Atalanta-SC, no ano agrícola 2016/17. As coordenadas geográficas dos dois locais são: latitude 27°50’35” S, longitude 50°29’45” W e altitude de 849 m (Lages); latitude 27°26’03’’ S, longitude 49°42’06’’ W e altitude de 586 m (Atalanta).

O clima da região de Lages é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas. O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2018). O clima do município de Atalanta é classificado como Cfa, subtropical

mesotérmico úmido de verões quentes, temperatura média anual entre 18 a 19°C, precipitação média anual entre 1300 a 1500 mm e umidade relativa do ar de 82 a 85%. O solo da área experimental de Atalanta é classificado como Cambissolo Háplico Ta Distrófico tipico, de textura franco argila siltosa (EMBRAPA, 2018). Os dados das análises de fertilidade do solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo das áreas experimentais de Lages e Atalanta, Santa Catarina.

	Argila	pH	Índice SMP	Matéria Orgânica	P	K	Ca	Mg	Al	CTC
	(%)	H_2O	-	(g kg^{-1})	(mg dm^{-3})	(mg dm^{-3})	($cmol_c$ dm^{-3})	($cmol_c$ dm^{-3})	($cmol_c$ dm^{-3})	($cmol_c$ dm^{-3})
Lages	53,0	5,10	5,20	36,0	13,0	195	7,00	2,50	0,30	20,8
Atalanta	45,3	5,70	6,20	22,5	80,1	223	7,60	2,10	0,00	13,8

A área experimental no município de Lages foi manejada em monocultivo, com milho no verão e aveia preta no inverno nos últimos quatro anos agrícolas, em sistema de semeadura direta, não atendendo o fundamento da rotação de culturas do sistema plantio direto. Já a área experimental de Atalanta foi manejada com a seguinte composição de rotação de cultura: no ano agrícola 2014/15 aveia-preta/cebola/soja, e ano agrícola 2015/16 aveia-preta/soja.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-subdivididas, com três repetições por tratamento no primeiro ano e quatro repetições no segundo. Na parcela principal foram testados dois híbridos: AG9025 PRO3 e P30F53 VYH, de ciclos super-precoce e precoce, respectivamente. Nas subparcelas foram avaliadas duas épocas de semeadura: época preferencial (início da primavera) e época tardia (final da primavera), com a semeadura realizada nos dias 15/10/2015 e 05/12/2015 no primeiro ano e 20/09/2016 e 05/12/2016 no segundo ano. Nas sub-subparcelas foram testadas quatro doses de nitrogênio em cobertura, equivalentes a 0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose necessária para atingir produtividades de 21 Mg ha^{-1} (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004). Quantitativamente, as doses equivaleram à aplicação de 0, 150, 300 e 450 kg de N ha^{-1}. Estas doses foram divididas igualmente em três épocas de aplicação, nos estádios V4, V8 e V12 da escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993). Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de seis metros de comprimento, considerando-se as duas linhas centrais como área útil e as duas linhas externas sendo bordadura.

A densidade de plantas utilizada foi de 75.000 plantas ha^{-1} e o espaçamento entre linhas de 70 cm. A semeadura foi feita com semeadoras manuais, depositando-se três sementes por cova. As sementes foram previamente tratadas com os inseticidas Thiametoxan e Fipronil e com os fungicidas Fludioxonil + Metalaxyl + Carbendazin. Foi realizado o desbaste quando as plantas estavam em estádio V2 para ajustar a população ao valor almejado. Na semeadura utilizou-se como adubação de base 30 kg ha^{-1} de N, 300 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 200 kg ha^{-1} de K_2O, seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) para obtenção de tetos produtivos de 21 Mg ha^{-1}.

O controle de plantas daninhas foi realizado quimicamente em duas épocas. Logo após a semeadura aplicou-se uma mistura dos herbicidas Atrazina + Metalacloro. Quando as plantas estavam no estádio V2, complementou-se o controle com a aplicação de uma mistura dos herbicidas Atrazina + Tembotriona. Durante os estádios V12 e V18 no primeiro ano e V14 no segundo, foi feita a aplicação da mistura dos fungicidas Azoxystrobina e Cyproconazole para o controle preventivo de doenças foliares.

Determinou-se a altura de inserção da espiga superior no estádio R2 escala Ritchie, Hanway e Benson (1993). O diâmetro da base do colmo foi determinado no dia da colheita. Para ambas as avalições foram utilizadas cinco plantas previamente marcadas em cada sub-subparcela.

A percentagem de colmos quebrados e acamados foi estimada no dia da colheita, contando-se o número de plantas quebradas ou

acamadas e o número total de plantas da área útil. Foi considerada quebrada a planta que apresentava ruptura do colmo abaixo da espiga. Foram consideradas acamadas as plantas cujo ângulo entre os entrenós inferiores do colmo e o solo era menor do que 45°.

No ano agrícola 2015/16, a colheita do híbrido AG9025 PRO3 foi realizada nos dias 24/03/2016 e 30/04/2016. O híbrido P30F53 VYH teve como data de colheita os dias 02/04/2016 e 30/04/2016. No ano agrícola 2016/17, a colheita do híbrido AG9025 PRO3 foi realizada nos dias 12/03/2017 e 28/04/2017. O híbrido P30F53 VYH foi colhido nos dias 12/03/2017 e 01/05/2017.

A produtividade relativa de milho foi calculada pela divisão da produtividade de grãos a 13% de umidade pela produtividade da unidade experimental com maior rendimento em cada experimento: 17.410 kg ha^{-1} e 20.766 kg ha^{-1}, em Lages e Atalanta, respectivamente.

Logo após a colheita determinou-se a Incidência de Podridões de Colmo (IPC), abrindo-se longitudinalmente todos os colmos presentes numa linha da área útil, a uma altura de 40 cm da superfície do solo, seguindo recomendações descritas por Reis e Casa (1996).

Foi utilizada uma amostra de 250 gramas para a quantificação da incidência de grãos ardidos, por meio da mensuração visual e classificação manual de todos os grãos que apresentassem descoloração maior que 25% da sua área total. A percentagem de grãos ardidos foi obtida pela diferença de massa da amostra e dos grãos ardidos encontrados (BRASIL, 1996).

Os dados de incidência que não atenderam a pressuposição de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância foram normalizados utilizando a transformação arco seno da raiz quadrada de (x/100), para realização da análise de variância. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F. Quando significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey e por análise de regressão polinomial, ao nível de significância de 5% ($P<0,05$). Os coeficientes de correlação linear de Pearson foram testados ao nível de significância de 5%, pelo teste t de Student.

Resultados e Discussão

A incidência de podridões de colmo e a percentagem de grãos ardidos foram afetadas pela interação entre época de semeadura e híbrido na área de monocultivo. Os resultados dos desdobramentos desta interação podem ser visualizados na Tabela 2.

O híbrido P30F53 VYH apresentou maior incidência de podridões de colmo na semeadura tardia do que na época preferencial. Já o AG9025 PRO3 não evidenciou diferenças entre épocas de semeadura para esta variável. Este comportamento se deveu a alta suscetibilidade a podridões de base do colmo apresentada pelo híbrido super-precoce no ambiente de monocultivo, independentemente da época de semeadura. A incidência de podridão de colmo no AG9025 PRO3 foi 857% e 258% maior que o P30F53 VYH, na época de semeadura preferencial e tardia, respectivamente.

A época de semeadura não influenciou a incidência de grãos ardidos no P30F53 VYH. Já o AG9025 PRO3 aumentou a incidência de grãos ardidos de 5,3% para 13,4% quando sua semeadura foi postergada de 15 de outubro para 5 de dezembro. Na época de semeadura preferencial não houve diferença significativa entre híbridos na IGA. Por outro lado, na semeadura tardia o híbrido AG9025 PRO3 apresentou uma incidência de grãos ardidos de 168% maior do que o P30F53 VYH. A maior incidência de grãos ardidos é consequência da maior ocorrência de podridões de espiga no híbrido mais precoce quando semeado tardiamente, conforme reportado por Trento *et al.* (2002).

Tabela 2. Incidência de Podridões de Colmo (IPC) e Incidência de Grãos Ardidos (IGA) de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Lages-SC.

	IPC %		IGA	
	Híbrido			
Época de Semeadura	P30F53 VYH	AG9025 Pro3	P30F53 VYH	AG9025 Pro3
Recomendada	7,9 bB*	75,9 aA	5,6 aA	5,3 bA
Tardia	23,0 aB	82,4 aA	5,0 aB	13,4 aA
C.V. (%)				
Hibrido	35,47		26,91	
Época de Semeadura	17,38		37,32	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em Lages não houve interação significativa entre híbrido e época de semeadura para a variável incidência de podridão de colmo. No desdobramento do efeito de híbrido e época de semeadura sobre a incidência de grãos ardidos em Atalanta (Tabela 3), percebe-se o menor impacto das podridões sobre a incidência de grãos ardidos nesta safra, onde se realizou rotação de culturas, em comparação com a anterior, em área manejada em monocultivo. Mesmo com uma menor incidência, o comportamento da variável em função do híbrido e da época de semeadura foi semelhante nos dois anos, sendo os maiores valores registrados para o híbrido AG9025 PRO3 na semeadura tardia.

Tabela 3. Incidência de Grãos Ardidos (IGA) de dois híbridos de milho, nas épocas de semeadura recomendada e tardia, na média de quatro doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta-SC.

	Híbrido (H)	
Época de Semeadura	P30F53 VYH	AG9025 Pro3
Recomendada	0,7 bA*	0,8 bA
Tardia	3,2 aB	5,7 aA
C.V. (%)		
Hibrido	45,36%	
Época de Semeadura	57,58%	

*Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em trabalho conduzido por Blum *et al.* (2003), o híbrido P32R21 de ciclo super-precoce foi mais afetado por fungos causadores de podridões de colmo e espiga que o híbrido Premium de ciclo precoce. Panison *et al.* (2016), estudando híbridos de diferentes ciclos, também constataram que híbridos mais precoces apresentam maior incidência de podridões de colmo e grãos ardidos.

A menor relação fonte dreno de genótipos com ciclo mais curto aumenta a remobilização de carboidratos dos colmos para os grãos, tornando o colmo mais suscetível a patógenos (BLUM *et al.,* 2003; SANGOI *et al.,* 2010). A maior ocorrência de grãos ardidos em híbridos mais precoces é decorrente do menor empalhamento da espiga apresentado por estes materiais, deixando os grãos mais expostos aos patógenos (PANISON *et al.,* 2016).

As variáveis incidência de podridões de colmo e incidência de grãos ardidos apresentaram correlações de Pearson de 0,43 e 0,32, em Lages e Atalanta, respectivamente. Estes valores demonstram associação entre as variáveis, o que é corroborado por Casa *et al.* (2009). Estes autores destacaram que quando o

colmo está infectado os patógenos podem migrar posteriormente para a espiga durante o enchimento de grãos.

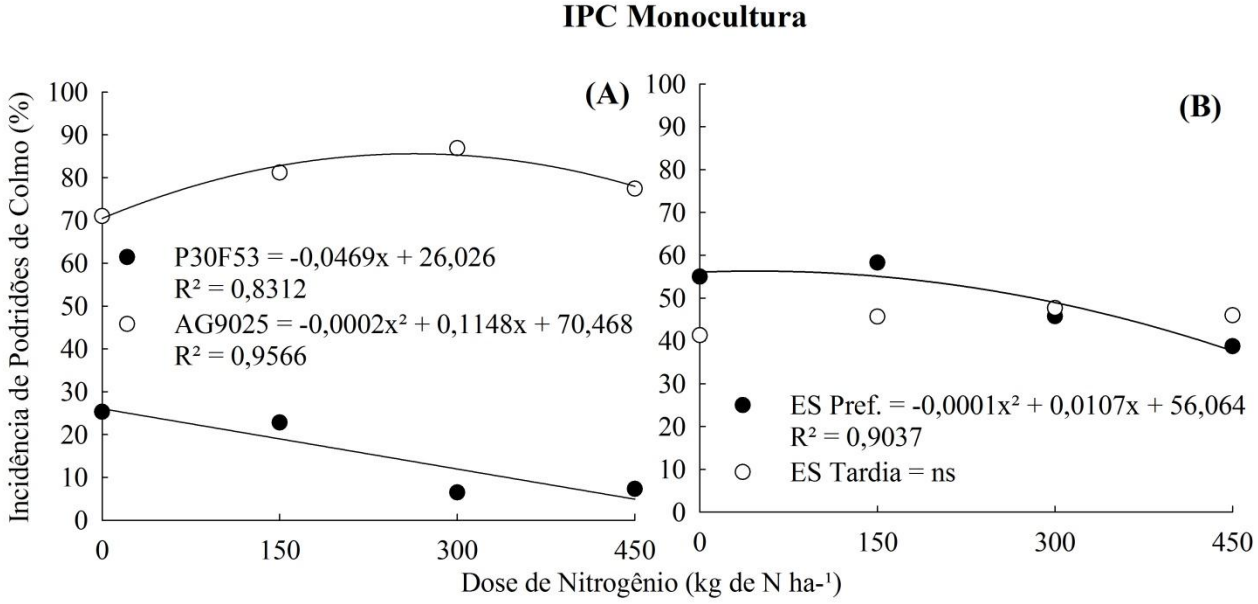
As plantas semeadas tardiamente encontram condições mais favoráveis ao desenvolvimento de podridões de colmos. Além disto, a menor temperatura do ar e redução na disponibilidade de radiação solar retardam a perda de umidade e favorecem a ocorrência de podridões de espiga (SANGOI *et al.,* 2010).

Os resultados obtidos em Lages evidenciam que a ocorrência de podridões é potencializada pela semeadura tardia, principalmente em híbridos de ciclo mais precoce cultivados em monocultura. A área experimental de Lages foi manejada em monocultivo por quatro anos, tendo o agravante de ter se buscado altos patamares produtivos. A fitomassa remanescente, associada à sequência de monocultivo, pode ter contribuído para a multiplicação de inoculo dos patógenos necrotróficos, associados à podridão de colmo e espiga.

Em Lages houve efeito significativo da interação entre dose de nitrogênio x híbrido para a variável incidência de podridões de colmo. A IPC do híbrido P30F53 VYH decresceu com o incremento na dose de N (Figura 1 A). Já no híbrido AG9025 PRO3 houve incremento quadrático desta variável com o aumento da dose, sendo o ponto de máxima incidência (86,9%) registrado com a aplicação de 287 kg ha^{-1} de N.

A incidência de podridões de colmo também foi afetada pela interação dupla entre época de semeadura x doses de nitrogênio em Lages. Houve uma tendência de decréscimo na incidência de podridões de colmo com o aumento da dose de N quando os híbridos foram semeados na época preferencial (Figura 1 B). O mesmo não aconteceu na semeadura tardia, em que as regressões do efeito de dose não foram significativas para podridões de colmo. Isto indica que o nitrogênio pode auxiliar a reduzir a incidência de doenças quando existe uma demanda por esse nutriente pelas plantas ou aumentá-la quando utilizado em doses supra-ótimas. Este comportamento está relacionado com o híbrido e a época de semeadura da cultura, uma vez que estes influenciam a demanda de N pela cultura.

Figura 1. Incidência de Podridões de Colmo (IPC) de milho em função do híbrido e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura (A). IPC do milho em função da época de semeadura e de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos. Lages, SC.

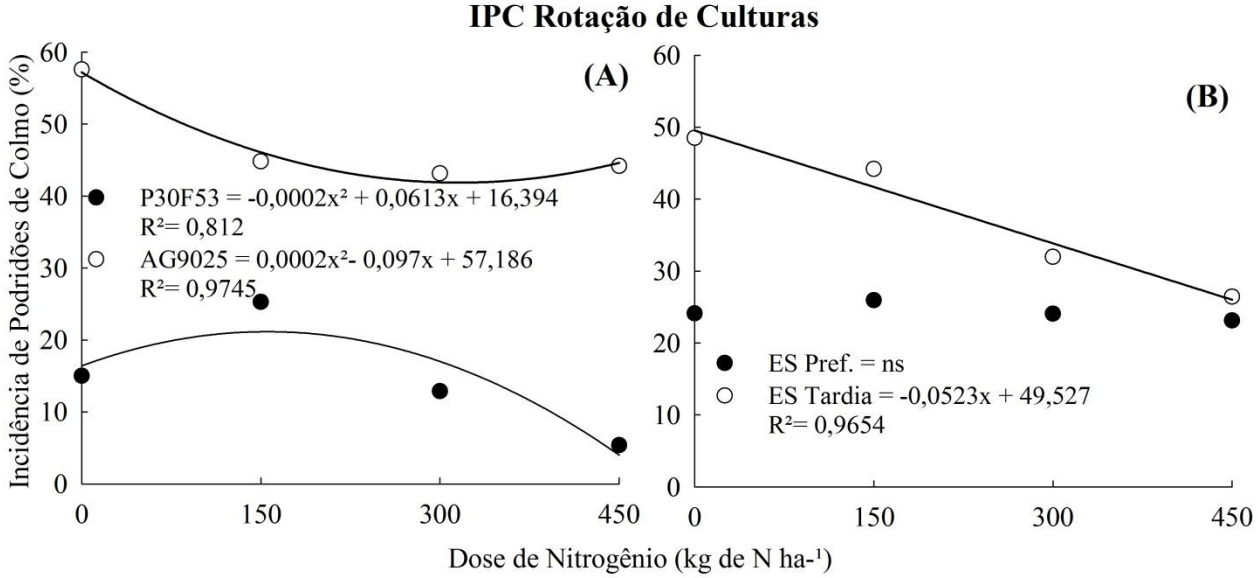


Em Atalanta, a incidência de podridões de colmo foi afetada pelas interações entre dose de N x híbrido e dose de N x época de semeadura. O híbrido AG9025 PRO3 apresentou menor incidência de podridões de colmo nos tratamentos que receberam nitrogênio. Já o P30F53 VYH apresentou comportamento quadrático com pouca variação nos valores

obtidos de IPC em função da dose de N (Figura 2 A), onde a dose de 450 kg de N/ha foi a que apresentou o menor IPC.

A dose de nitrogênio não influenciou a incidência de podridões de colmo na época de semeadura preferencial. Contudo, na época de semeadura tardia ocorreu uma diminuição na incidência à medida que se aumentou a dose de nitrogênio em cobertura (Figura 2 B). Isto evidencia que, no ambiente de rotação de culturas que caracterizou a área experimental de Atalanta, o nitrogênio exerceu um papel mitigador na ocorrência de doenças de colmo quando a semeadura foi feita em dezembro.

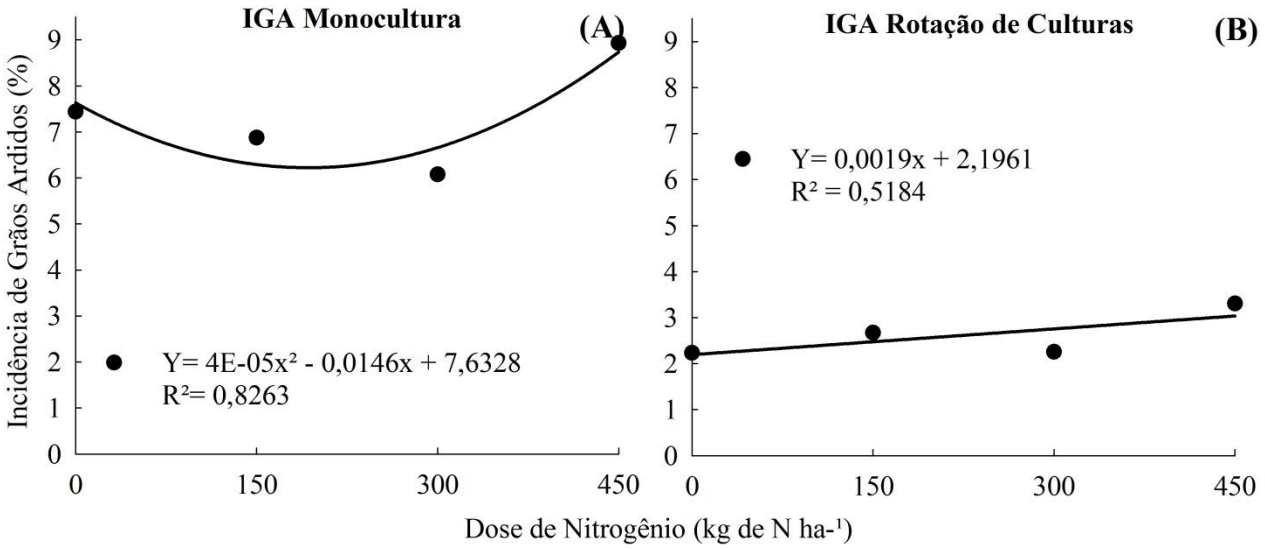
Figura 2. Incidência de Podridões de Colmo (IPC) de milho em função do híbrido e da dose de nitrogênio em cobertura, na média de duas épocas de semeadura (A). IPC do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos (B). Atalanta, SC.



Em Lages, a incidência de grãos ardidos apresentou comportamento quadrático. As maiores incidências de grãos ardidos foram registradas nos tratamentos sem aplicação de nitrogênio em cobertura e quando foi aplicada a dose mais alta de N (Figura 3 A). Já em Atalanta, à medida que se elevou a dose de nitrogênio em cobertura a incidência de grãos ardidos aumentou de forma linear (Figura 3 B). Contudo, os valores registrados neste ambiente foram baixos, oscilando entre 2,2 e 3,1%.

Souza *et al.* (2016), testando doses de 0 a 240 kg N ha^{-1}, observaram resposta quadrática a infecção de grãos de milho por patógenos, com máxima redução de infecção com dose teórica de 132 kg N ha^{-1}. O desequilíbrio nutricional de nitrogênio torna o milho mais suscetível a doenças, seja pela falta ou excesso de nitrogênio disponível (MCMAHON, 2012). O que foi evidenciada pelo comportamento da incidência de grãos ardidos na área de monocultivo, com menor incidência quando aplicado 300 kg de N ha^{-1}.

Figura 3. Incidência de Grãos Ardidos (IGA) em função da dose de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Lages, SC (A). Atalanta, SC (B).

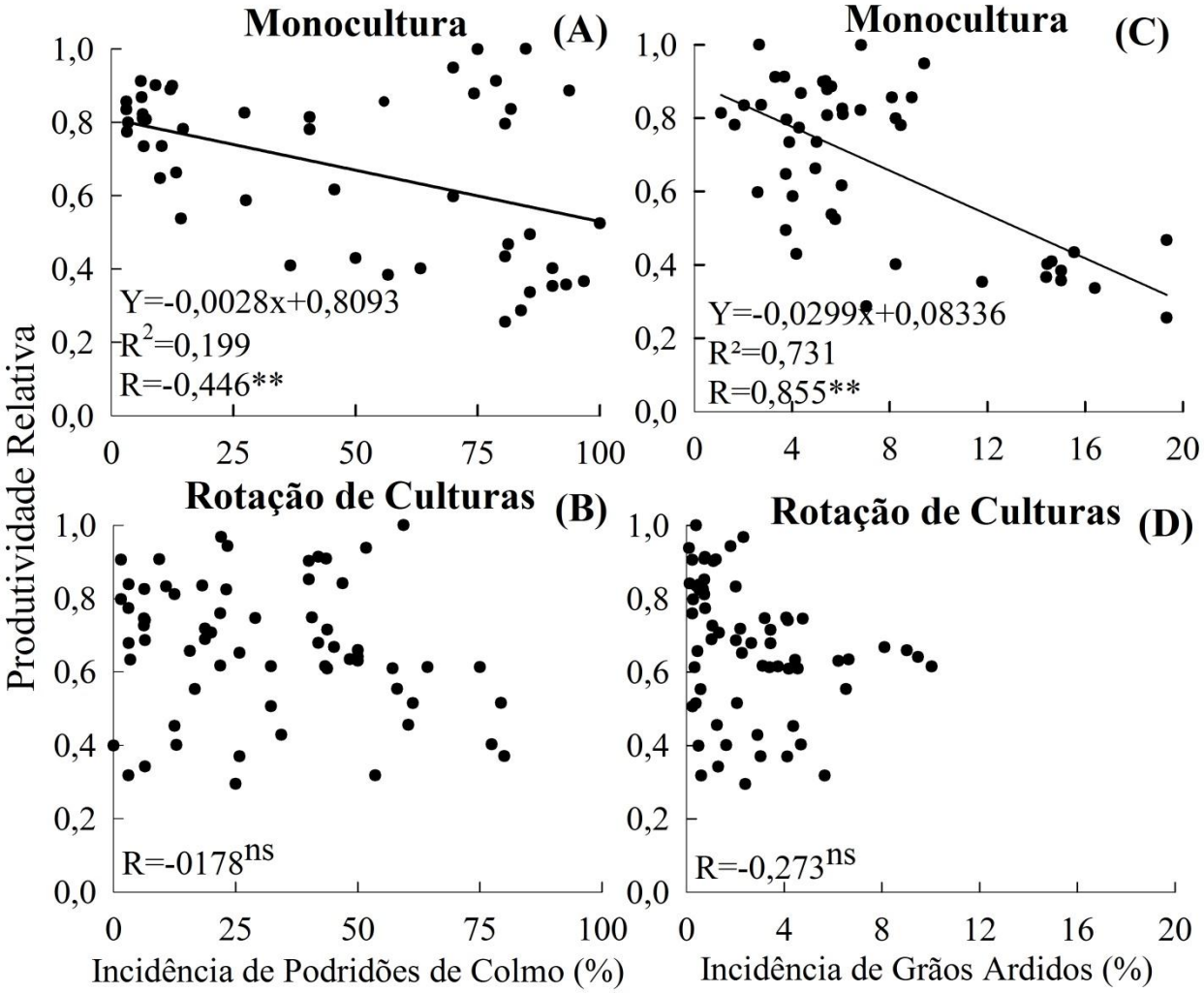


Quando cultivado em monocultivo, a produtividade relativa de grãos de milho apresentou correlação de Pearson de -0,45 e -0,65 para incidência de podridões de colmo e incidência de grãos ardidos, respectivamente. Houve uma redução da produtividade relativa de 0,003 e 0,03 para cada ponto percentual de aumento na incidência de podridões de colmo (Figura 4 A) e incidência de grãos ardidos (Figura 4 C), respectivamente.

Já quando manejado sobre rotação de culturas, a produtividade relativa de grãos não apresentou coeficientes de correlação de Pearson significativos ao nível de 5% pelo teste t de Student, com a incidência de podridões de colmo e incidência de podridões de espiga (Figura 4 B e 4 D). Os dados de correlação confirmam que a alta pressão causada por fungos necrotróficos causadores de podridões em milho manejado sobre monocultivo tem maior potencial de reduzir a produtividade relativa de grãos, na comparação com áreas manejadas sobre rotação de culturas.

O milho cultivado em monocultivo, principalmente em semeadura direta, favorece o desenvolvimento de inóculo de fungos necrotróficos causadores das podridões de colmo e de espiga (TRENTO; IRGANG; REIS, 2002). Entre os fatores bióticos que causam maior limitação à produtividade do milho destacam-se as doenças causadoras das podridões da base do colmo (DENTI; REIS, 2001).

Figura 4. Produtividade relativa de grãos do milho em função da Incidência de Podridões de Colmo e Incidência de Grãos Ardidos. Lages-SC (A, C) e Atalanta-SC (B, D)

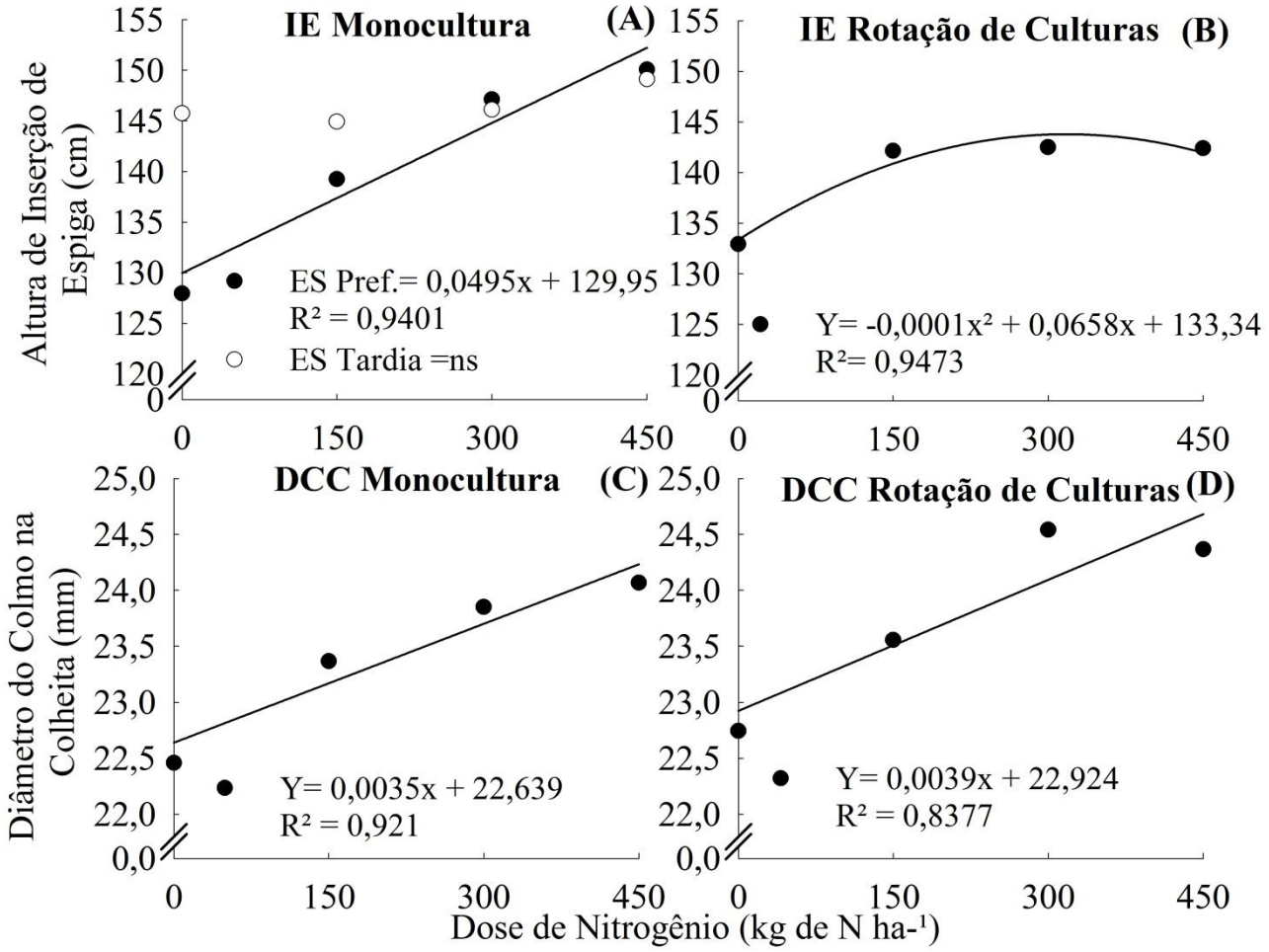


A altura de inserção de espiga foi afetada pela interação entre época de semeadura x dose de nitrogênio em Lages e pelos efeitos principais destes dois fatores em Atalanta. Em Lages houve incremento linear desta variável com o aumento da dose de N quando o milho foi semeado na época preferencial (Figura 5 A). Por outro lado, na semeadura tardia a quantidade de nitrogênio aplicada em cobertura não interferiu no posicionamento da espiga no colmo. Em Atalanta, a altura de inserção de espiga foi 10,3% maior quando o milho foi semeado em dezembro do que em setembro. Neste ambiente, houve incremento quadrático da variável com aumento da dose de N, com tendência de estabilização nos valores obtidos com doses maiores do que 150 kg de N ha^{-1} (Figura 5 B).

Nos dois anos agrícolas, houve incremento linear no diâmetro de colmo das plantas com o aumento na dose de N em cobertura, na média dos híbridos e épocas de semeadura (Figura 5 C, D).

A oferta de nitrogênio altera a relação fonte dreno, interferindo na remobilização de carboidratos dos colmos para os grãos (BLUM *et al,.* 2003; SANGOI *et al.,* 2010). Repke *et al.* (2013) observaram que a partir dos 60 dias após a emergência ocorreu a redução nos valores do diâmetro do colmo, provavelmente devido à remobilização das reservas nele contidas. É provável que o maior diâmetro de colmo na colheita em função do aumento da dose de nitrogênio em cobertura não seja exclusivamente devido ao maior crescimento do diâmetro, mas também de uma menor remobilização de reservas do colmo aos grãos em tratamentos que receberam nitrogênio em cobertura.

Figura 5. Altura de inserção de espiga (IE) do milho em função da época de semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos, Lages, SC (A). Altura de inserção de espiga em função de doses de nitrogênio em cobertura, e duas épocas de semeadura, Atalanta-SC (B). Diâmetro da base do colmo na colheita (DDC) em função de doses de nitrogênio em cobertura, na média de dois híbridos e duas épocas de semeadura. Lages-SC (C) e Atalanta-SC (D).

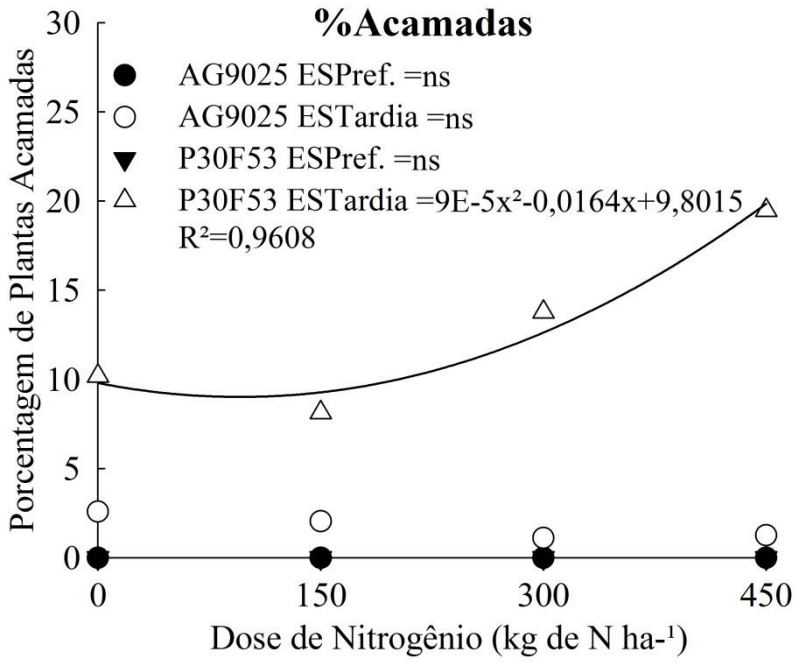


Em Lages, a percentagem de plantas acamadas não foi afetada pelos fatores estudados e a percentagem de colmos quebrados sofreu a interferência da interação tripla entre híbrido x época de semeadura x dose de nitrogênio em cobertura. Contudo, os valores registrados em Lages foram inferiores a 3% em todos os tratamentos.

O quebramento de plantas está relacionado com a resistência do colmo, altura de inserção de espigas e massa da espiga. Quanto menor a resistência do colmo e maior a altura de inserção de espiga ou a sua massa, maiores são as taxas de acamamento e quebra de colmos (SANGOI *et al.,* 2002). Outro fator que pode interferir na percentagem de plantas acamadas e quebradas é a incidência de colmos doentes. No ambiente de Lages, o híbrido AG9025 PRO3 apresentou grande incidência de podridões de colmo nas duas épocas de semeadura (Tabela 2). Contudo, isto não provocou alta percentagem de colmos acamados e quebrados.

Em Atalanta houve efeito da interação tripla dos fatores estudados sobre a percentagem de plantas acamadas. No dia 26/04/2017 houve a ocorrência de rajadas de ventos com a velocidade de 50 a 70 km hora^{-1} no município de Atalanta. Estes ventos atingiram o ensaio quando as plantas semeadas tardiamente estavam fisiologicamente maduras, uma semana antes da colheita. Este evento climático promoveu o acamamento de colmos do híbrido P30F53 VYH, tendência que foi acentuada com o aumento da dose de N aplicada em cobertura (Figura 6).

Figura 6. Percentagem de plantas acamadas (%Acamadas), de híbridos de milho nas épocas de semeadura preferencial e tardia, em função de doses de nitrogênio em cobertura. Atalanta, SC.



Os híbridos P30F53 VYH e AG9025 PRO3 foram classificados por Pereira Filho e Borghi (2016) como tendo alta resistência ao acamamento, sendo o AG9025 PRO3 mais tolerante ao acamamento e o P30F53 VYH mais tolerante ao quebramento de plantas. Este comportamento foi confirmado na semeadura tardia feita em Atalanta. A maior percentagem de colmos quebrados do P30F53 VYH semeado em dezembro, com altas doses de N, pode ter sido ocasionada pela maior altura de plantas, maior altura de inserção de espigas e maior massa de grãos nas espigas deste híbrido.

Conclusões

O retardamento da semeadura do início para o final da primavera, o cultivo de híbridos super-precoces e o cultivo de milho em monocultura, aumentam, com ação sinérgica, a incidência de podridões de colmo, de espigas e de grãos ardidos do milho.

O efeito da dose de nitrogênio sobre a incidência de podridões de colmo e grãos ardidos depende do híbrido, época de semeadura e sistema de rotação de culturas.

A incidência de podridões de colmo e de grãos ardidos apresenta correlação negativa com o rendimento de grãos do milho quando ele é cultivado em monocultivo não apresentando associação quando o cultivo é feito em rotação de culturas.

Referências

BLUM, L. E.B.; SANGOI, L.; ARIOLI, C. J.; GUIMARÃES, L. S. Desfolha, população de plantas e precocidade do milho afetam a incidência e a severidade de podridões do colmo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.805-811, 2003. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000500003

BRASIL. Portaria nº 11 de 12 de abril de 1996. Estabelece critérios complementares para classificação do milho**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 abr. 1996. Seção 1, p.6231.

CASA, R. T.; MOREIRA, E. N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica,** Botucatu, v.33, n.4, p.353-357, 2007. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052007000400006

CASA, R. T.; REIS, E. M.; KUHNEN, J. P. R.; BOLZAN, J. M.. Controle de doenças de milho em

sistema de plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.112, p.15-21, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul, 2001. 400p.

COSTA, R. V.; DA SILVA, D. D.; COTA, L. V.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, A. D. S.; CASELA, C. R. Incidência de Colletotrichum graminicola em colmos de genótipos de milho. **Summa Phytopathologica**, v.36, p.122-128, 2010. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052010000200003

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; COGO, N. P. Agricultura conservacionista no Brasil – uma análise do conceito a adoção. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; DE ARAÚJO, A. S. F.. (Org.). **Agricultura Conservacionista no Brasil**. 1.ed. Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p.23-41.

DENTI, E. A.; REIS E.M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos de milho. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, p.635-639, 2001. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582001000300009

DORDAS, C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture: a review. **Sustainable agriculture**, Netherlands, p.443-460, 2008. https://doi.org/10.1051/agro:2007051

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Brasília, 2018. 356p.

FAGARD, M.; LAUNAY, A.; CLÉMENT, G.; COURTIAL, J.; DELLAGI, A.; FARJAD, M.; KRAPP, A.; SOULIÉ, M.C.; MASCLAUX-DAUBRESSE, C.C. Nitrogen metabolism meets phytopathology. **Journal of Experimental Botany,** v.65, n.19, p.5643-5656, 2014. https://doi.org/10.1093/jxb/eru323

FRANCHINI, J. C.; DA COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 327)

MCMAHON, P. E. Effect of nutrition and soil function on pathogens of tropical tree crops. In: CUMAGUN, C.J. **Plant pathology.** Rijeka: InTech, 2012. Cap.10, p.241-272. https://doi.org/10.5772/32490

PANISON, F.; SANGOI, L. I.; CASA, R. T.; DURLI, M. M. Harvest time, stem and grain sensibility of maize hybrids with contrasting growth cycles. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.2403-2411, 2016. https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11232

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017.** Embrapa Milho e Sorgo-Documentos, 2016. p.28.

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

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. D.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da Azospirillum brasilense combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.3, p.214-226, 2013. http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p214-226

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops?** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. D.; SILVA, P. R. F. D.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, p.101-110, 2002. http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052002000200003

SANGOI, L. et al. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010. 84p.

SANTOS, G. R.; GAMA, F. R.; GONÇALVES, C.G.; RODRIGUES, A.C.; LEÃO, E.U.; CARDON, C. H.; BONIFACIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de genótipos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.60, n.4, p.505-513, 2013.

http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000400009

SOUZA, T. M.; BERND, L.P.; OKUMURA, R.S.; TAKAHASHI, H.W.; ONO, E. Y.S.; HIROOKA, E.Y. Nitrogen fertilization effect on chemical composition and contamination by fungal-fumonisin of maize kernels. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.11, p.218-223, 2016. https://doi.org/10.5039/agraria.v11i3a5389

STEFANELLO, J.; BACHI, L. M.A.; GAVASSONI, W. L.; HIRATA, L. M.; PONTIM, B. C.Á. Incidência de fungos em grãos de milho em função de diferentes épocas de aplicação foliar de fungicida. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** v. 42, n. 4, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400014

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,** Fortaleza, v.27, n.6, p.609-613, 2002. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582002000600009

WORDELL FILHO, J. A.; SPAGNOLLO, E. Sistema de cultivo e doses de nitrogênio na sanidade e no rendimento do milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.2, p.199-205, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000200002