

Desempenho agronômico e severidade de ferrugem comum em milho sob diferentes fontes de nitrogênio

Hélcio Duarte Pereira¹

Renzo Garcia Von Pinho²

Ivan Vilela Andrade Fiorini³

Ewerton Léllys Resende⁴

Felipe Ribeiro Resende⁵

Luiz Paulo Miranda Pires⁶

Resumo

O nitrogênio é o elemento mais requerido e de manejo mais complexo na cultura do milho, promovendo as maiores respostas na produtividade da cultura. Objetivou-se com este trabalho verificar o efeito de diferentes fontes de N em cobertura, em sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo, no desempenho agronômico do híbrido simples de milho Pioneer 32R22YHR e na severidade da doença ferrugem comum. Foram implantados dois experimentos em delineamento blocos ao acaso (DBC) na safra 2013/14 em sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo. Os tratamentos foram: testemunha sem N, sulfato de amônio, ureia, nitrato de amônio, uma mistura física de nitrato (70%) e sulfato de amônio (30%) e uma mistura química dessas mesmas fontes na mesma proporção. As fontes de N não tiveram efeito significativo na altura de planta, altura de inserção de espiga, prolificidade, produtividade de grãos e severidade foliar de ferrugem comum, independentemente do sistema de semeadura. Sob sistema de semeadura em preparo convencional do solo, as plantas apresentaram maior altura de planta, inserção de espiga e produtividade de grãos. Não houve efeito dos sistemas de semeadura para a prolificidade. Com exceção do tratamento sem N, para todos os demais, a severidade de ferrugem comum foi maior em sistema de semeadura em cultivo mínimo.

Palavras-chave: Plantio direto. *Zea mays*. *Puccinia sorghi*. Nitrato. Amônio.

Introdução

Entre os fatores que contribuem para a baixa produtividade média do milho no Brasil estão o manejo incorreto de fertilizantes, principalmente os nitrogenados (MEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2016; VARGAS et al., 2015). O nitrogênio (N) é um elemento estratégico na produção do milho e a busca por fontes mais eficientes desse nutriente tem o potencial de impactar fortemente os sistemas produtivos da cultura. O N participa de muitos processos metabólicos relacionados aos mecanismos

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado em Fitotecnia. Lavras, Minas Gerais. hhelciopassos@yahoo.com.br Rua Comendador José Esteves, 284, Centro, Lavras Minas Gerais, CEP 37.200-000.

2 UFLA, professor do Departamento de Agricultura UFLA. renzo@dag.ufla.br.

3 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) Campus Sinop, pesquisador associado. ivanvaf@yahoo.com.br.

4 UFLA, mestrado em Genética. ewertonlr@yahoo.com.br.

5 UFLA, graduando em Agronomia. feliperibeiroresende@gmail.com.

6 UFLA, doutorado em Fitotecnia. luizpaulo_vortex@hotmail.com.

de defesa das plantas, podendo, além de beneficiar diretamente a produtividade, auxiliar na tolerância a doenças (CHAGAS et al., 2018). A adubação nitrogenada em milho é uma das principais ferramentas de manejo para obter altas produtividades (MOTA et al., 2015).

O N é o único, entre os nutrientes minerais, que pode ser absorvido pelas plantas em duas formas distintas: como ânion NO_3^- ou como cátion NH_4^+ (BELOW, 2002). O N é constituinte de muitos compostos estáveis, incluindo alguns inorgânicos como sais de amônio ou nitrato e outros orgânicos como os aminoácidos e os nucleotídeos. Esses compostos diferem profundamente em suas propriedades químicas (BLOOM, 2015).

Para balancear os requerimentos nutricionais de N com a disponibilidade ambiental, as plantas precisam modular as etapas individuais do metabolismo do N, tais como absorção, redução do NO_3^- , assimilação do NH_4^+ e reciclagem do N (PRINSI; ESPEN, 2015). A dinâmica do N no solo é complexa em função das inúmeras interações com os fatores ambientais. Assim, conhecer melhor como é esse comportamento nas condições predominantes de cultivo torna-se de especial importância para subsidiar ações a fim de melhorar a eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho, requerida em grandes quantidades. Dessa forma, há interesse pela utilização de fontes alternativas que possibilitem a redução das perdas, aumentando a eficiência de utilização do N e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (SORATTO et al., 2011). A escolha acertada da fonte de N para adubação do milho reflete-se na lucratividade do sistema de produção como um todo, considerando não apenas o custo unitário do fertilizante, mas também a dose e sua eficiência produtiva (SOUZA et al., 2012).

Embora seja reconhecido que a nutrição pode influenciar a incidência de doenças nas plantas, pouco progresso foi feito em manejar a nutrição das culturas para melhorar o controle fitossanitário (WALTERS; BINGHAM, 2007). A fertilização nitrogenada da planta pode influenciar a quantidade e a patogenicidade dos esporos fúngicos produzidos e, conseqüentemente, interferir nos ciclos secundários da doença no campo, como no caso das ferrugens foliares (ABRO et al., 2013). Entre elas, a ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) possui destaque na cultura do milho devido a sua ampla distribuição e potencial de dano.

Riedeman e Tracy (2010) avaliaram 36 importantes cultivares comerciais de milho utilizadas no Corn Belt americano desde 1930 até a atualidade e encontraram significativo aumento nos níveis de resistência a essa doença foliar ($0,05\% \text{ ano}^{-1}$) ao mesmo tempo em que a produtividade mais que quadruplicou durante o período. Dey et al. (2012), por sua vez, encontraram estimativas de perdas em produtividade de grãos em cultivares suscetíveis à ferrugem comum variando de 11,75% a 60,53% em condições tropicais.

O fornecimento de nutrientes às plantas relaciona-se diretamente com seu desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, com a área foliar disponível para o ataque de patógenos. Pegoraro et al. (2001) afirmam que o nível de fertilidade do solo é um fator importante para predisposição das plantas às moléstias. Por sua vez, Tomazela et al. (2006) afirmam que a nutrição mineral equilibrada, principalmente com relação ao N, pode atenuar a severidade de doenças.

Neste trabalho, objetivou-se verificar o efeito de diferentes fontes de N aplicadas em cobertura, em sistemas de cultivo mínimo e preparo convencional do solo, no desempenho agrônômico do híbrido de milho Pioneer 32R22YHR e na severidade da doença ferrugem comum.

Material e métodos

Foram conduzidos dois experimentos em Lavras (MG) no período de novembro de 2013 a abril de 2014, sendo um em sistema de preparo convencional do solo e outro em sistema de cultivo mínimo. O cli-

ma no município é classificado como mesotérmico, com temperaturas médias anuais de 19,3 °C, precipitação média anual de 1.411 mm, com 70,0% desse total concentrado nos meses de dezembro a março.

O primeiro experimento foi conduzido em sistema de semeadura de preparo convencional do solo na área experimental do Departamento de Agricultura no *campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), com teor de argila de 54,0 dag kg⁻¹ e declividade de 4,0% (SANTOS, 2013). Os resultados obtidos com a análise química do solo (0-20 cm de profundidade) foram: pH em H₂O = 5,7; P = 11,1 mg dm⁻³; K = 109,0 mg dm⁻³; Ca = 39,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 12,0 mmol_c dm⁻³; V% = 57,1; matéria orgânica = 30,0 g kg⁻¹, S-SO⁻⁴ = 4,8 mg dm⁻³, Zn²⁺ = 5,5 mg dm⁻³, Mn²⁺ = 14,3 mg dm⁻³, Cu²⁺ = 3,0 mg dm⁻³ e B = 0,6 mg dm⁻³. O segundo experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, localizada na fazenda Vitorinha em Lavras (MG) em sistema de semeadura de cultivo mínimo, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), com teor de argila de 57,0 dag kg⁻¹ e declividade de 9%. Os resultados obtidos com a análise química do solo neste local (0-20 cm de profundidade) foram: pH em H₂O = 5,5; P = 4,6 mg dm⁻³; K = 72,0 mg dm⁻³; Ca = 12,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 5,0 mmol_c dm⁻³; V% = 42,5; matéria orgânica = 25,0 g kg⁻¹, S-SO⁻⁴ = 9,8 mg dm⁻³, Zn²⁺ = 4,3 mg dm⁻³, Mn²⁺ = 9,1 mg dm⁻³, Cu²⁺ = 1,5 mg dm⁻³ e B = 0,7 mg dm⁻³. As áreas experimentais em anos anteriores já eram cultivadas há mais de cinco anos com cultivo em semeadura de milho após milho e intervalo de pousio na entressafra.

Avaliaram-se diferentes fontes de N aplicadas em adubação de cobertura, quando as plantas de milho apresentavam de 4 a 6 folhas completamente expandidas. Para todos os tratamentos a quantidade de N fornecida foi de 120,0 kg ha⁻¹, visando à boa produtividade da cultura e variando a quantidade da fonte de N em função dos teores do elemento no fertilizante.

Os tratamentos consistiram de uma testemunha sem N; sulfato de amônio (21,0% de N); ureia (45,0% de N); nitrato de amônio (34,0% de N); mistura física de nitrato e sulfato de amônio na proporção de 70,0% e 30,0% em peso, respectivamente, a fim de que o teor final de N na mistura de grânulos fosse de 30,0%; mistura química de nitrato e sulfato de amônio, já adquirida pronta, com teor de N de 30,0%. A adubação de plantio foi a mesma para todos os tratamentos e consistiu de 450,0 Kg ha⁻¹ do formulado N-P-K 08-24-12. Além disso, todos os tratamentos receberam 80,0 Kg ha⁻¹ de KCl em cobertura, juntamente com o N das fontes avaliadas, que foram aplicados em superfície na forma de filete contínuo ao lado das plantas.

Utilizou-se da cultivar de milho geneticamente modificado Pioneer 32R22YHR, um híbrido simples superprecoce classificado como moderadamente suscetível ao fungo causador da ferrugem comum *Puccinia sorghi*, com população de 65.000 plantas ha⁻¹ para os dois experimentos. No sistema de semeadura no cultivo mínimo, a semeadura foi realizada em 29/11/2013 e no experimento em sistema de semeadura preparo convencional do solo em 7/12/2013. As áreas utilizadas para a condução dos experimentos foram dessecadas com o herbicida Roundup-Transorb 15 dias antes do plantio.

Os tratos culturais são comumente realizados na região para lavouras de milho de bom potencial produtivo e foram semelhantes nos experimentos, sendo realizados quando necessários. O controle de plantas daninhas foi realizado no estágio de 5 folhas expandidas com o uso da mistura de atrazina na dosagem de 3,0 L ha⁻¹ e Roundup na dosagem de 2,0 L ha⁻¹, aplicado aos 30 dias após a semeadura em pós-emergência das plantas daninhas. Para o controle dos insetos foi aplicado o inseticida Match na dosagem de 500,0 ml ha⁻¹ aos 50 dias após a emergência do milho.

O delineamento experimental foi blocos casualizados (DBC) com cinco repetições, sendo feito um sorteio para cada experimento. A parcela experimental constou de seis linhas espaçadas de 0,8

m com 5 m de comprimento, para o experimento conduzido em plantio direto e com 4 m de comprimento para o experimento conduzido em plantio convencional. Foram consideradas como área útil da parcela as duas linhas centrais.

Foram avaliadas as características: a) Altura de plantas (m) - medida em quatro plantas na área útil da parcela antes da colheita, do nível do solo até a inserção da folha bandeira; b) Altura de inserção de espiga (m) - medida em quatro plantas na área útil da parcela antes da colheita, considerando a altura de inserção da primeira espiga (mais alta); c) Prolificidade de espigas – total de espigas presentes na área útil da parcela dividido pelo total de plantas nessa área; d) Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) – obtida com base no total de grãos da área útil da parcela, ajustados para a umidade padrão de 13,0% em base úmida; e) Severidade de ferrugem comum - área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) segundo metodologia de Campbell e Madden (1990).

Para avaliar a severidade da ferrugem comum nas plantas foi utilizada uma escala diagramática de notas (Agrocere, 1996), analisando-se quatro plantas aleatórias da área útil da parcela em cada avaliação, em um total de cinco avaliações para cada experimento. As plantas ficaram sujeitas à ocorrência natural da ferrugem devido a condições climáticas favoráveis à doença, as avaliações começaram com os primeiros sintomas da doença no campo. Para o experimento conduzido sob plantio convencional, às avaliações ocorreram aos 58, 69, 80, 90 e 99 dias após o plantio. Para o experimento em cultivo mínimo as datas foram aos 67, 78, 87 98 e 103 dias após o plantio.

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta dos experimentos, com aplicação do Teste F, e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade, utilizando o software estatístico R (R core Team, 2015).

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta as precipitações e as temperaturas médias da região, por decêndios (períodos de dez dias), abrangendo desde o início da instalação dos experimentos até a fase de florescimento feminino do milho (R1) que ocorreu em 30/01/14 para o experimento em sistema de semeadura cultivo mínimo e 04/02/14 para o experimento em sistema de semeadura plantio convencional. Nota-se a irregularidade das precipitações durante o desenvolvimento da cultura e a tendência de temperaturas crescentes no intervalo considerado. Isso permite afirmar que se tratou de um ano atípico em relação ao regime hídrico, considerando os longos veranicos ocorridos.

Tabela 1 – Dados climatológicos da região de condução dos experimentos no período considerado. UFLA, Lavras-MG.

Período	Decêndios	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
29/11 – 09/12	1º	89,4	23,03
09/12 – 19/12	2º	32	21,93
19/12 – 29/12	3º	53,6	22,86
29/12 – 08/01	4º	2,8	23,91
08/01 – 18/01	5º	86,9	24,07
18/01 – 28/01	6º	161,4	23,58
28/01 – 07/02	7º	0	24,75
07/02 – 17/02	8º	30,5	23,08

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Observa-se pelos resultados da análise de variância conjunta que para nenhuma das características avaliadas houve efeito significativo das fontes de N estudadas (Tabela 2). Com relação aos sistemas de semeadura cultivo de plantio convencional (PC) e sistema de semeadura plantio sob cultivo mínimo direto, apenas para a prolificidade o efeito não foi significativo, o que demonstra diferenças significativas entre os sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo para as características altura de planta, altura de inserção de espiga, produtividade de grãos e a severidade de ferrugem comum do milho. Também se verifica a validade da análise conjunta em função da relação entre os quadrados médios residuais das análises individuais. A interação entre esses fatores ocorreu somente para a severidade de ferrugem comum. A precisão experimental classifica-se como de média a alta, considerando os valores do coeficiente de variação (CV).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância conjunta para as características altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), prolificidade de espigas (PROL), produtividade de grãos (PROD) e severidade de ferrugem comum (SF) da cultura do milho.

FV	GL	Quadrados Médios ⁽¹⁾				
		AP	AIE	PROL	PROD	SF
Sistema de cultivo (S)	1	0,91452*	0,30495*	0,0000408 ^{ns}	16.736.356*	5.094,5*
Fontes de Nitrogênio (F)	5	0,01182 ^{ns}	0,001405 ^{ns}	0,0047333 ^{ns}	1.478.277 ^{ns}	34,1 ^{ns}
F*S	5	0,00725 ^{ns}	0,001486 ^{ns}	0,0064549 ^{ns}	2.003.265 ^{ns}	249,8*
Blocos/S	8	0,03554	0,021003	0,0029179	12.574.369	124,4
Resíduo	40	0,0114	0,006973	0,0047995	2.418.985	83,5
CV (%)		4,14	6,78	7,25	17,00	9,40
Relação entre QM residual		1,51	1,62	1,06	4,01	2,67

(1) ^{ns} e * - não significativo e significativo a 5% pelo Teste F, respectivamente.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Carmo et al. (2012) também não encontraram efeito de fontes de N na produtividade e no desenvolvimento de milho doce, avaliando ureia e sulfato de amônio como fontes de fornecimento de N. Resultado semelhante a esse foi encontrado por Meira et al. (2009) com a cultura do milho grão irrigado. Também avaliando adubação nitrogenada em cobertura em milho grão, Mota et al. (2015) não verificaram efeito diferenciado na produtividade das seguintes fontes: nitrato de amônio, ureia comum, ureia com inibidor da enzima urease e ureia com inibidor da nitrificação do amônio em dois anos de avaliação. Resultado concordante ao aqui verificado também foi reportado por Schiavinatti et al. (2011) para altura de planta e de inserção da espiga principal em dois anos de ensaio testando três fontes de N. Para a produtividade de grãos somente em um dos anos do trabalho verificaram desvantagem da ureia como fonte de N. Por outro lado, Galindo et al. (2016) avaliaram ureia e ureia com inibidor de urease, associados ou não à inoculação com *Azospirillum brasilense*, em milho cultivado em sistema cultivo mínimo e não encontraram qualquer efeito das fontes avaliadas na produtividade de grãos e teores foliares de macro e micronutrientes.

Apesar de vários trabalhos não reportarem efeito diferenciado entre fontes de N, Sugiharto e Sugiyama (1992) verificaram que quando as plantas receberam amônio como fonte de N os níveis totais e de RNA mensageiro da enzima fotossintética em plantas C4, fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase), foram aproximadamente o dobro das plantas que receberam o nitrato como fonte de N,

assim como os níveis do aminoácido Glutamina. Entretanto, tais autores não avaliaram esses efeitos até o fim do ciclo das plantas. De qualquer forma, isso sugere que pode haver uma compensação do metabolismo mais lento do nitrato por plantas de milho ao longo do ciclo, de maneira que os efeitos não persistem até a maturidade fisiológica quando se expressam caracteres tais como produtividade e desenvolvimento vegetativo. Os resultados deste trabalho, avaliando características de desenvolvimento vegetativo no fim do ciclo da cultura e também a produtividade, não comprovam qualquer desvantagem metabólica do nitrato sobre o amônio.

Investigando os efeitos de fontes de N à base de nitrato e amônio, fornecidos na fase vegetativa, Prinsi e Espen (2015) verificaram vários efeitos fisiológicos diferenciados em plantas de milho. O balanço geral de carbono e nitrogênio foi alterado em função da fonte, tais como teores de sacarose e aminoácidos, de forma diferenciada em raízes, seiva xilemática e tecidos foliares. O fornecimento simultâneo das duas fontes produziu resultados que sugerem um efeito sinérgico no metabolismo vegetal. Assim, os autores concluem que plantas de milho necessitam adaptar-se fisiologicamente em função da fonte de N presente no ambiente. Tal efeito sinérgico das fontes de N não se traduziram em maior produtividade ou desenvolvimento vegetativo no presente trabalho, pois entre as fontes testadas havia adubos formados por mistura de sulfato de amônio e nitrato de amônio que não superaram essas mesmas fontes usadas isoladamente.

Pelas médias de produtividade é possível verificar que mesmo o tratamento sem N não diferiu dos demais tratamentos (TABELA 3). Isso sugere condições favoráveis para a cultura nos dois experimentos, uma vez que se sabe que as respostas à N nessa cultura, de modo geral, são muito pronunciadas e esperam-se severas reduções na sua ausência (MEIRA et al., 2009).

Tabela 3 – Valores médios para as características altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), prolificidade de espigas (PROL) e produtividade de grãos (PROD) do milho em função das diferentes fontes de N.

Fontes Nitrogênio	AP (m)	AIE (m)	PROL	PROD (kg ha ⁻¹)
Sem Nitrogênio	2,56	1,24	0,93	8.601,47
Sulfato de Amônio (SA)	2,56	1,22	0,95	9.575,54
Ureia	2,63	1,23	0,99	9.512,15
Nitrato de Amônio (NA)	2,56	1,22	0,96	9.315,86
Mistura física (NA + AS)	2,62	1,25	0,93	8.856,54
Mistura química (NA + AS)	2,55	1,23	0,97	9.038,69
Teste F	1.04 _{ns}	0.202 _{ns}	0.986 _{ns}	0.611 _{ns}

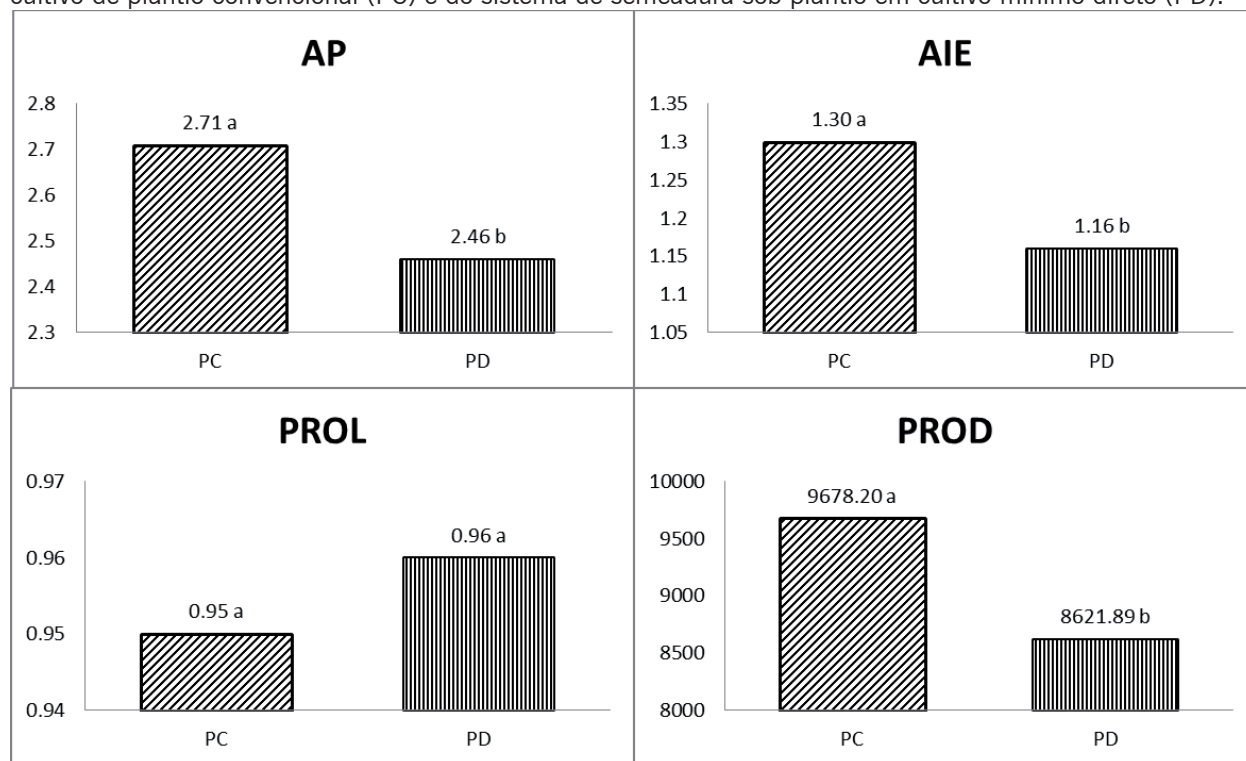
Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Mota et al. (2015), avaliando fontes e doses de N em cobertura, também verificaram elevada produtividade para o tratamento com ausência de N e atribuem tal fato a uma elevada disponibilidade de N no solo. Assim, as condições ambientais favoráveis podem ter contribuído para a ausência de efeito das fontes de N, por tornarem as diferenças entre elas de pequena magnitude. Lange et al. (2008) também não encontraram resposta em produtividade à adubação nitrogenada de cobertura em milho e atribuem isso às condições favoráveis diferenciadas do estudo, como histórico da área, assim como deve ter ocorrido no presente trabalho. A resposta do milho ao fertilizante nitrogenado é afetada por fatores climáticos e edáficos, de modo que as curvas de resposta podem variar bastante entre diferentes locais. Assim, em um solo fértil, com alto suprimento residual de N, adubações nitrogenadas podem não ter efeito ou até mesmo diminuir os rendimentos (BELOW, 2002). Amanullah

(2014) ilustra bem a resposta variável em índice de colheita e eficiência de uso por plantas de milho a fertilizantes nitrogenados em função da fonte utilizada e também das doses, ano e cultivar. O trabalho de Soratto et al. (2011) concorda com os resultados aqui apresentados para o efeito de fontes de N na produtividade do milho. Tais autores não verificaram diferença no desempenho da cultura em função da fonte de N usada para adubação de cobertura. Entretanto, diferente do ocorrido no presente trabalho, resposta diferencial em relação à ausência do nutriente foi verificada, mesmo empregando doses menores.

Nota-se que as condições no sistema de semeadura em preparo convencional do solo foram mais favoráveis à cultura do milho em vista do melhor desempenho produtivo e do desenvolvimento vegetativo (FIGURA 1). A área conduzida sob o sistema de semeadura em cultivo mínimo, embora com histórico de monocultivo de milho, não era uma área em sistema de plantio direto consolidado com rotações de culturas, em função das condições da palhada na superfície do solo e manejo adotado em safras anteriores, o que pode ter desfavorecido a cultura. Sabe-se que o sistema de preparo e cultivo do solo pode influenciar a disponibilidade de N e seu uso pela cultura em função da alteração das propriedades físicas, como também seus componentes químicos e bióticos (BELOW, 2002).

Figura 1 – Valores médios para as características altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), prolificidade de espigas (PROL) e produtividade de grãos (PROD) do milho em função do sistema de semeadura/cultivo de plantio convencional (PC) e do sistema de semeadura sob plantio em cultivo mínimo direto (PD).



Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Lange et al. (2008) afirmam que no cultivo em sistema de semeadura em plantio direto a dinâmica de nutrientes assim como sua variabilidade horizontal e vertical são diferenciadas. Oliveira et al. (2016) ressaltam que os estudos com N envolvem diferentes sistemas de semeadura/cultivo, condições climáticas e de solo e, portanto, generalizações sobre o manejo do N não se ajustam bem.

Para o desdobramento dos sistemas de semeadura/cultivo dentro de cada fonte de N (TABELA 4) observa-se que a severidade da ferrugem comum foi maior sob cultivo mínimo, com exceção do tratamento sem N. O fato de haver resíduos da cultura anterior de milho na área sob cultivo mínimo não deve ser a causa da maior severidade de ferrugem, por tratar-se de um fungo biotrófico, portanto, não afetado por resíduos culturais como possível fonte de inóculo.

Tabela 4 – Desdobramento da interação entre Fontes de Nitrogênio e sistemas de cultivo para severidade de ferrugem comum, medida pela Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).

Fontes N	Plantio convencional	Cultivo mínimo
Sem Nitrogênio	95,00 a A ⁽¹⁾	93,98 a A
Sulfato de Amônio (SA)	86,28 a B	107,40 a A
Ureia	86,33 a B	109,30 a A
Nitrato de Amônio (NA)	85,68 a B	109,98 a A
Mistura física (SA + NA)	91,45 a B	108,65 a A
Mistura química (SA + NA)	83,38 a B	109,38 a A

(1) Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula e, em cada linha, maiúscula, não diferem a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Anteriormente à instalação dos experimentos, não havia plantas de milho tiguera nas áreas utilizadas sob os sistemas de semeadura cultivo mínimo e convencional, o que também contribui para baixa fonte de inóculo. O microclima particular criado na área sob sistema de semeadura em cultivo mínimo e o fato de haver outras áreas com milho nas proximidades são fatores pertinentes a explicar a maior severidade da doença nesse experimento. É intrigante o fato de que somente para o tratamento sem N não tenha ocorrido diferença na severidade da doença entre os dois sistemas de cultivo. Poder-se-ia pensar que nessa situação as plantas tiveram menor desenvolvimento vegetativo formando menos área foliar para possível ataque do fungo, não permitindo constatar a diferença entre os sistemas de cultivo. Entretanto, foi justamente no sistema de semeadura em cultivo mínimo que a cultura apresentou menor desenvolvimento vegetativo, considerando as características de altura de plantas e de inserção de espiga, apresentando, todavia, maior severidade da doença para todos os demais tratamentos. Assim, esses resultados não permitem fazer uma associação direta entre desenvolvimento vegetativo e severidade de ferrugem comum em milho, como abordado por outros trabalhos.

Gomes et al. (2007) estudando o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho também não encontraram efeito do N na severidade de doenças, embora baseados na premissa de que tratamentos que promovam maior desenvolvimento vegetativo teriam, por consequência, maior severidade de doenças foliares. Por sua vez, Pegoraro et al. (2001) atribuem à não ocorrência de uma nutrição desbalanceada o fato de não verificarem efeito de níveis diferentes de adubação na severidade de mancha foliar de *phaeosphaeria* em milho.

Contrariamente ao aqui encontrado, Tomazela et al. (2006) constataram que tratamentos que receberam maiores quantidades de N tiveram maior índice de área foliar e, simultaneamente, maior incidência de ferrugem tropical. Santos et al. (2014) atribuem à maior severidade da brusone em arroz nas maiores doses de N avaliadas o aumento na área foliar e número de panículas em resposta à grande oferta do nutriente.

É fato que as respostas das plantas aos patógenos é variável de safra para safra em função das condições ambientais que são particulares a cada situação. O trabalho de Santos et al. (2013) ilustra esse caso. Os autores encontraram efeito de doses de N na severidade de ferrugem comum em milho apenas em um dos anos de estudo, não havendo registro de sua ocorrência em outro ano de pesquisa. Assim, pode ter ocorrido pressão insuficiente dessa doença no ano de condução dos experimentos do presente trabalho, de tal forma a não permitir constatar o efeito das fontes de N.

Conclusões

As fontes de N na dose de 120,0 kg ha⁻¹ aplicados entre V₄ e V₆ avaliadas neste trabalho não influenciam o desempenho agronômico e a severidade causada por ferrugem comum em milho.

O sistema de semeadura em plantio convencional proporciona maior altura de plantas, de inserção de espiga e produtividade de grãos do milho comparativamente ao sistema de semeadura em cultivo mínimo, para as condições avaliadas neste trabalho.

A severidade de ferrugem comum em milho é maior sob sistema de semeadura em cultivo mínimo para todas as fontes de N estudadas, exceto para a ausência de N.

Agronomic performance and severity of common rust in maize under different nitrogen sources

Summary

Nitrogen is the most required and complex management element in maize crop, promoting the highest responses in crop yield. The objective of this work was to verify the effect of different N sources on topdressing in minimum tillage and conventional tillage systems on the agronomic performance of the Pioneer 32R22YHR single cross and on the severity of common rust disease. Two experiments were carried out in a randomized block design (DBC) in the 2013/14 crop in minimum tillage and conventional tillage systems. The treatments were: control without nitrogen, ammonium sulfate, urea, ammonium nitrate, a physical mixture of nitrate (70%) and ammonium sulfate (30%) and a chemical mixture of these same sources in the same proportion just explained. Nitrogen sources had no significant effect on plant height, ear insertion height, ear prolificacy, grain yield and leaf severity of common rust, regardless of the sowing system. Under conventional tillage, the plants presented higher plant height, ear insertion and grain yield. There was no effect of sowing systems on prolificacy. With the exception of nitrogen free treatment, for all others, the severity of common rust was higher in minimum tillage system.

Keywords: No-till. Zea mays. Puccinia sorghi. Nitrate. Ammonium.

Referências

- ABRO, M. A.; LECOMPTE, F.; BRYONE, F.; NICOT, P. C. Nitrogen fertilization of the host plant influences production and pathogenicity of *Botrytis cinerea* secondary inoculum. **Phytopathology**, v. 103, n. 3, p. 261-267, 2013. DOI: 10.1094/PHYTO-08-12-0189-R
- AGROCERES. **Guia agroceres de sanidade**. 2 ed. São Paulo: Sementes Agroceres S/A, 1996. 72 p.
- AMANULLAH. Source and rate of nitrogen application influence agronomic N-use efficiency and harvest index in maize (*Zea mays* L) genotypes. **Maydica**, v. 59, n. 1-4, p. 81-90, 2014.
- BELOW, F. E. **Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 99, p. 7-12, 2002.
- BLOOM, A. J. The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. **Current opinion in plant biology**, v. 25, p. 10-16, 2015. DOI: 10.1016/j.pbi.2015.03.002
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York City: John Wiley & Sons, 1990.
- CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J. de; CAMPO, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de Nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 223-231, 2012.
- CHAGAS, J. F. R.; SANTOS, G. R.; COSTA, R. V.; ALVES, J. F.; NASCIMENTO, I. R. Adubação nitrogenada na severidade de doenças foliares, produtividade e respostas bioquímicas em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p1-14>
- DEY, U.; HARLAPUR, S. I.; DHUTRAJ, D. N.; SURYAWANSHI, A. P.; BADGUJAR, S. L.; JAGTAP, G. P.; KULDHAR, D. P. Spatiotemporal yield loss assessment in corn due to common rust caused by *Puccinia sorghi* Schw. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 37, p. 5265-5269, 2012. DOI: 10.5897/AJAR12.1103
- GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTTE, J. L. M. Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, 2016. DOI: 10.1590/18069657rbcs20150364
- GARCIA, P. L.; GONZÁLEZ-VILLALBA, H. A.; SERMARINI, R. A.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen use efficiency and nutrient partitioning in maize as affected by blends of controlled-release and conventional urea. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 64, n. 14, p. 1944-1962, 2018. DOI: 10.1080/03650340.2018.1469746

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 931-938, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000500010

LANGE, A.; CABEZAS, W. A. R. L.; TRIVELIN, P. C. O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.1, p. 123-130, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008000100016

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, A.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009. DOI: 10.5433/1679-0359.2009v30n2p275

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 39, n. 2, p. 512-522, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20140308

OLIVEIRA, F. C.; SOUSA NETTO, M.; ARAUJO, L. S.; ALMEIDA, A. C. S.; SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R. Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 812-821, 2016. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n405rc

PEGORARO, D. G.; VACARO, E.; NUSS, C. N.; SOGLIO, F. K. D.; SERENO, M. J. C. M.; BARBOSA NETO, J. F. Efeito de época de semeadura e adubação na mancha-foliar de *Phaeosphaeria* em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1037-1042, 2001. DOI: 10.1590/S0100-204X2001000800005

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. ed. **Manual de Fitopatologia. Volume 2. Doenças das Plantas Cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2. p. 500-516.

PRINSI, B.; ESPEN, L. Mineral nitrogen sources differently affect root glutamine synthetase isoforms and amino acid balance among organs in maize. **BMC plant biology**, v. 15, n. 1, p. 1, 2015. DOI: 10.1186/s12870-015-0482-9

R CORE TEAM (2015). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIEDEMANN, E. S.; TRACY, W. F. Vegetative phase change characteristics and resistance to common rust of corn cultivars developed in different eras. **Crop science**, v. 50, n. 1, p. 87-92, 2010. DOI: 10.2135/cropsci2008.11.0656

SANTOS, G. R.; GAMA, F. R.; GONÇALVES, C. G.; RODRIGUES, A. C.; LEÃO, E. U.; CARDON, C. H.; BONIFÁCIO, 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. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000400009

SANTOS, G. R.; CASTRO NETO, M. D.; RODRIGUES, A. C.; BONIFACIO, A.; KORNDORFER, G. H. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 103-108, 2014.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHIAVINATTI, A. F.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C. G. S.; PARIZ, C. M.; LODO, B. N.; BUZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 925-930, 2011. DOI: 10.1590/S0006-87052011000400027

SORATTO, R. P.; SILVA, A. H.; CARDOSO, S. M.; MENDONÇA, C. G. Doses e fontes alternativas de Nitrogênio no milho sob semeadura direta em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n 1, p. 62-70, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000100007

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000300005

SUGIHARTO, B.; SUGIYAMA, T. Effects of Nitrate and Ammonium on Gene Expression of Phosphoenolpyruvate Carboxylase and Nitrogen Metabolism in Maize Leaf Tissue during Recovery from Nitrogen Stress. **Plant Physiology**, v. 98, n. 4, p. 1403-1408, 1992. DOI: 10.1104/pp.98.4.1403

TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A. R. Doses de Nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 192-201, 2006. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p192-201

VARGAS, V. P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; PICOLI, G. J.; CANTARELLA, H. Maize Leaf Phytotoxicity and Grain Yield are Affected by Nitrogen Source and Application Method. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 2, p. 671-679, 2015. DOI: 10.2134/agronj14.0121

WALTERS, D. R.; BINGHAM, I. J. Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. **Annals of Applied Biology**, v. 151, p. 307-324, 2007. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2007.00176.x

Submetido em: 08/04/2019

Aceito em: 28/01/2019