

Efeito de Diferentes Fontes de Nitrogênio no Desenvolvimento e Atividade da Redutase do Nitrato em Diferentes Híbridos de Milho Cultivados em Segunda Safra

Antônio Paulino da Costa Netto¹, Reidner Faria de Freitas², Cristian Palharini², Lara Comar Riva², Tássia Tuane Moreira dos Santos², Felipe Francisco da Silva Leite², Lucielle Januário de Oliveira³, Vilmar Antonio Ragagnin¹ e Fernando Simões Gilefi¹

¹Docentes da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, Jataí, Goiás, apcnetto@gmail.com, vilmar.ragagnin@gmail.com e fgielfi@yahoo.com.br ²Acadêmicos da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, Jataí, Goiás, reidnerffreitas@gmail.com, cristianpalharini@hotmail.com, Lara-comar@hotmail.com, tassiatuane@hotmail.com, ffsleite@gmail.com ³Técnico Administrativo da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, Goiás, lucielle.januario@hotmail.com.

RESUMO - Com o objetivo de avaliar a influência de diferentes fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial e na assimilação de nitrogênio na cultura do milho de segunda safra, conduziu-se um ensaio na Fazenda Escola da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí, (17° 53' S e 52°43' W, e 670 m de altitude), no ano agrícola de 2012, onde foram avaliados 6 híbridos de milho de seis diferentes empresas, bases genéticas, ciclos e tipos de grão para compor o ensaio. Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, foi realizada a primeira coleta de material vegetal para a determinação da atividade da redutase do nitrato, sendo em seguida realizada a adubação de cobertura com aplicação de três doses diferentes de cada uma das três fontes de nitrogênio estudadas (Polyblen, Sulfato de amônio e Uréia com, 49, 91 e 126 Kg ha⁻¹ de N respectivamente). Pela interpretação dos resultados, foi verificado que a fonte de nitrogênio polyblen é mais indicada para o desenvolvimento inicial dos híbridos de milho e que as fontes de nitrogênio sulfato de amônio e uréia disponibilizaram quantidades de N mais adequadas que o polyblen no início do florescimento masculino para todos os híbridos de milho estudados.

Palavras-chave: assimilação de nitrato, *Zea mays*, safrinha.

Introdução

O milho é um dos principais cereais cultivados no mundo, fornecendo produtos para a alimentação humana, animal e para a indústria. A cultura está presente em todas as regiões do Brasil sendo cultivada por pequenos, médios e grandes produtores que adotam sistemas de produção variados. Segundo a Conab (2012), a lavoura do milho em segunda safra foi favorecida pelo clima nas principais regiões produtoras, sendo que nos estados de Mato Grosso e Goiás a maior parte da lavoura ultrapassou o período crítico da floração com umidade adequada para a fecundação e formação de grãos.

Por possuir grande demanda no mercado, este cereal é alvo de várias pesquisas visando sua melhoria em diferentes aspectos agronômicos, entre esses Argenta (2001), destaca a densidade entre plantas, a eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa, água e nutrientes, incrementando a produtividade.

Nesse contexto, o cultivo do milho de segunda safra tem sido viável economicamente

para o produtor (Casagrande e Fornasieri Filho, 2002). Além do retorno financeiro, outros benefícios são observados, como a rotação de culturas, aumento da palhada e do controle de pragas e doenças da lavoura de verão. Segundo Coelho & França (1995), para uma produtividade média de 5.800 kg ha⁻¹ de grãos, são extraídos pela planta cerca de 100 kg ha⁻¹ de Nitrogênio (N), sendo que, dessa quantidade, cerca de 75% são exportados para os grãos.

Como os riscos de perda da lavoura ou de redução na produtividade do milho na segunda safra são relativamente grandes, um dos dilemas dessa modalidade de cultivo é saber que fonte utilizar e a quantidade de N a aplicar, já que a deficiência hídrica altera a absorção e o metabolismo do N na planta (Ferreira et al., 2002), reduzindo a eficiência do fertilizante aplicado. Além disso, na cultura do milho, apesar de serem pequenas as exigências nutricionais nos estádios iniciais, altas concentrações de N, são benéficas na promoção de um maior desenvolvimento da planta (Varvel et al., 1997).

O papel das enzimas de assimilação do N como característica indicativa da eficiência de uso do N em milho ainda é polêmico. Purcino et al. (1994) observaram que materiais com alta atividade da redutase do nitrato (NR) tendem a ser responsivos à adubação nitrogenada e eficientes no uso do N em ambientes com baixo teor deste nutriente, enquanto que materiais que só produzem bem quando adubados tendem a ter baixa atividade da NR. Por outro lado, Machado & Magalhães (1995) verificaram que na variedade Nitrodente a atividade da NR não foi modificada pela seleção para baixos níveis de N e que em populações da cultivar Nitroflint houve uma tendência de diminuição na atividade da NR quando a seleção foi efetuada sob condições de estresse de N.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi o de estudar o efeito de diferentes fontes de N e da atividade da RN no desenvolvimento inicial e no florescimento de diferentes híbridos de milho indicados para cultivo em segunda safra.

Material e Métodos

Foram avaliados 6 híbridos de milho de seis diferentes empresas, bases genéticas, ciclos e tipos de grão para compor o ensaio, como descritos a seguir: Agromem 30A16; Geneze 9626; Dow Agrosiences 707 Hx; Syngenta TRUCK; Sementes Sempre PRE2B678 Hx e Riber 9210. A escolha dos híbridos se deu em função de serem recomendados à região de Jataí – Sudoeste do estado de Goiás, para o cultivo do milho durante o período de segunda safra.

O ensaio para a avaliação dos cultivares foi conduzido na área experimental da Fazenda Escola da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí localizada a 17° 53' S e 52°43' W, e

670 m de altitude. O clima da região é AW, segundo a classificação de Köppen, ou seja, tropical de savana com chuva no verão e seca no inverno. O experimento foi instalado sob sistema de plantio direto, em fevereiro de 2012 e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos inteiramente casualizados com parcelas subdivididas com três repetições e analisado pelo teste de médias de Tukey a 5 % de probabilidade.

As subparcelas foram constituídas de 5 fileiras de 6 metros, espaçadas de 0,45 metros e com uma densidade estabelecida pelas empresas, que variou de 58000 a 65000 plantas por hectare. No momento da semeadura foram aplicados 400 Kg ha⁻¹ da formulação 9:24:18. A adubação de plantio foi realizada de acordo com a recomendação técnica para a cultura do milho após interpretação de análise do solo. Posteriormente a aplicação da adubação de plantio, foi realizada a aplicação de uréia encapsulada (Polyblen ®) nas concentrações de 49, 91 e 126 Kg ha⁻¹ de N da mesma forma que para as demais fontes de N utilizadas em cobertura.

Quando as plantas atingiram entre quatro e cinco folhas, foi realizada a primeira coleta de material vegetal para a determinação da RN, sendo em seguida realizada a adubação de cobertura com aplicação de três doses de cada uma das fontes de N estudadas (49, 91 e 126 Kg ha⁻¹ de N) em uma só aplicação.

No início do florescimento, assim que se visualizou a emissão da inflorescência masculina, foi retirada uma amostra de tecido foliar da folha madura oposta a inserção da espiga, que após colhida foi imediatamente encaminhada ao Laboratório de Fisiologia Vegetal e Sementes para nova determinação da atividade da RN. Estas coletas foram realizadas em horário fixo, entre 9 e 10 h da manhã. Esse procedimento foi adotado, para permitir a comparação da ação enzimática nas diferentes condições do experimento, com o objetivo de minimizar a variação de irradiância ao longo do dia, sobre a atividade da enzima.

A determinação obedeceu ao método descrito por Meguro & Magalhães (1982), onde a atividade da enzima RN foi realizada “in vivo”. Amostras de tecido fresco de folhas foram coletadas e lavadas com água destilada. Em seguida 200 mg de massa fresca foram colocados em tubos de ensaio contendo 5 ml de solução tampão fosfato de potássio, pH 7,4, 50 mM, e foram incubados em câmara termostática tipo B.O.D a 30° C por 1 hora ao abrigo da luz, envoltas com folha de alumínio. A paralisação da reação foi feita com a adição de 1 ml de sulfanilamida a 1 % em HCl 2 N e, a seguir, adicionou-se 1 ml de •-naftilenodiamino 0,05 %. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm, sendo a atividade da enzima determinada pela quantidade de nitrito (NO₂⁻) produzida, comparando os valores obtidos com

uma curva padrão para esse íon, previamente estabelecida. Os resultados obtidos dessa variável foram expressos em $\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$.

Também foram avaliadas no campo as seguintes características agronômicas no início do florescimento masculino: diâmetro do caule a 10 cm do nível do solo (cm), altura de plantas (m), altura de inserção da primeira espiga (m) e número de espigas por planta. Os tratamentos culturais, como controle de plantas daninhas e controle de pragas, foram efetuados de acordo com a necessidade da cultura.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para as características agronômicas diâmetro do caule a 10 cm do nível do solo (cm), altura de plantas (m), altura de inserção da primeira espiga (m) e número de espigas por planta, são apresentados na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1) Resultados médios dos 6 híbridos de milho, para as características agronômicas diâmetro do caule (cm), altura de plantas (m), altura de inserção da primeira espiga (m) e número de espigas por planta.

Fonte de Nitrogênio	Diâmetro do Caule (cm)	Altura de Plantas (m)	Altura de Ins. da Primeira Espiga (m)	Número de Espigas por Planta
Polyblen	1,92 ab	2,52 a	95,38 b	1,48 a
Sulfato de Amônio	1,96 a	2,52 a	93,16 b	1,37 ab
Ureia	1,87 b	2,54 a	100,95 a	1,29 b

Podemos observar pelos resultados apresentados na tabela 1, que a característica de diâmetro do caule foi significativamente maior na presença de sulfato de amônio e polyblen que não diferiram entre si, no entanto, essas fontes de N quando comparados com a adubação em cobertura com uréia promoveram um maior diâmetro do caule. Ainda nesse contexto, observamos que a liberação lenta do N ocasionada pelo uso da uréia encapsulada promove um maior ganho do diâmetro de caule quando comparada com a uréia aplicada de uma só vez em cobertura, uma vez que foram observadas maiores diâmetros com o uso do polyblen. Segundo Demétrio et al. (2008), ao comparar o desempenho de espécies de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais, foi observado que quanto maior a densidade, menor o diâmetro do colmo. Para Gross et al. (2006), isso é resultado de um decréscimo de matéria seca individual, em virtude da competição pelos recursos do meio.

Quando analisamos os resultados para a característica agronômica de altura de plantas

não constatamos nenhuma diferença significativa nesse quesito na comparação entre as diferentes fontes de N utilizadas. Apesar disso, observamos a mesma tendência da característica diâmetro de caule, ou seja, o uso de sulfato de amônio e polyblen resultaram em plantas ligeiramente maiores quando comparados com a uréia.

Para a característica agrônômica altura da inserção da primeira espiga se observou um comportamento oposto quando comparado com as características agrônômicas anteriormente descritas, onde a uréia quando utilizada como fonte de N resultou em uma maior altura de inserção da espiga quando comparada com sulfato de amônio e polyblen. Essa característica somada a característica de altura de plantas onde não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos poderá refletir em uma menor manutenção do estande inicial devido a uma maior possibilidade de tombamento/quebra de plantas adultas após o período enchimento de grãos e senescência das plantas.

Quando analisamos o número de espigas por planta, observamos que os tratamentos sulfato de amônio e polyblen promoveram maior número médio de espigas por planta sem diferirem entre si, e quando comparados com a uréia foi constatada que esta fonte de N produziu significativamente menos espigas por planta. Essa característica agrônômica indica a prolificidade, sendo um bom indicativo da capacidade produtiva do híbrido de milho onde um aumento da população de plantas tende a diminuir o número de espigas por planta evidenciando que a competição por luz e a compensação da planta que são presentes mesmo nas fases de diferenciação e emissão das espigas, segundo Merotto Junior et al., (1997). Nesse contexto, a fonte de N uréia para o espaçamento usado parece não ter capacidade de influenciar a produtividade uma vez que não constatamos menos de uma espiga por planta, demonstrando assim que os híbridos estudados possuem uma boa prolificidade e capacidade de suportar as populações de plantas utilizadas.

Para a atividade da RN em plantas jovens de milho (Tabela 2), observamos que no desenvolvimento inicial das plantas de milho, a fonte de N polyblen que possui liberação lenta do N demonstrou fornecer uma quantidade de N assimilável maior que o N disponibilizado na adubação de plantio, uma vez que na presença do polyblen a atividade média da RN produziu $33,25 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$, sendo significativamente maior que nas demais fontes de N utilizadas. Como não havia N disponibilizado nessa fase para os demais tratamentos uma vez que a adubação em cobertura foi posterior a primeira coleta de material vegetal não foram observadas diferenças significativas quando comparamos as atividades médias dos tratamentos com sulfato de amônio ($22,01 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$) e uréia ($24,30 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$).

Ainda observamos que os híbridos Geneze 9626, Sem. Sempre PRE2B678 Hx e Riber 9210 possuem maior capacidade de assimilação quando a fonte de N usada foi o polyblen, fato esse não observado nos demais híbridos estudados como sugerido pelos dados médios, exceto para o híbrido Riber 9210 na presença de uréia.

Tabela 2 – Atividade da Redutase do Nitrato ($\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$) em plantas jovens de milho sob diferentes fontes de nitrogênio para 6 híbridos de milho cultivados em segunda safra. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte	Agromem 30A16	Geneze 9626	Dow Agrosc. 707 Hx	Syngenta TRUCK	Sem. Sempre PRE2B678 Hx	Riber 9210
Polyblen	30,34 BCD a	39,06 AB a	26,71 CD a	21,73 D a	33,95 ABC a	43,74 A a
Sul.Am.	23,39 A ab	20,78 A b	22,99 A a	19,81 A a	24,90 A b	19,70 A c
Ureia	19,24 B b	26,49 AB b	24,14 AB a	25,12 AB a	19,88 B b	30,98 A b

No entanto, na segunda coleta de material vegetal realizada no início do florescimento masculino (Tabela 3) e após a adubação em cobertura os tratamentos onde se utilizou sulfato de amônio e uréia que apresentaram atividades médias da RN de $614,61 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$ e $691,68 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$ respectivamente. Observamos um comportamento contrário ao da primeira coleta, onde o tratamento com uréia e sulfato de amônio foram significativamente maiores que o tratamento que se utilizou polyblen que apresentou atividade média da RN de $364,07 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$. Essa diferença é da ordem de 68,8% para o sulfato de amônio e de 90,0 % para a uréia como fonte de N, que não diferiram significativamente entre si. Ainda observamos que os híbridos Agromem 30A16, Geneze 9626, Dow Agrosc. 707 Hx e Sem. Sempre PRE2B678 Hx, possuem maior capacidade de assimilação quando a fonte de N usada foi o sulfato de amônio, para a fonte de N uréia não foram observadas diferenças significativas na resposta da enzima RN entre os diferentes híbridos de milho estudados, fato esse também sugerido pela análise dos dados médios onde não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos sulfato de amônio e uréia, exceto pelos híbridos Syngenta TRUCK e Riber 9210.

Tabela 3 – Atividade da Redutase do Nitrato ($\mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ MF h}^{-1}$) no início do florescimento masculino para 6 híbridos de milho cultivados em segunda safra sob diferentes fontes de nitrogênio. Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas por mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte	Agromem 30A16	Geneze 9626	Dow Agrosc. 707 Hx	Syngenta TRUCK	Sem. Sempre PRE2B678 Hx	Riber 9210
Polyblen	548,39 A a	394,41 AB b	266,95 B b	373,12 AB c	250,66 B b	350,92 B b

SulAmo	695,01 AB a	762,16 A a	646,49 AB a	516,42 B b	572,98 AB a	494,60 B b
Ureia	705,92 A a	765,59 A a	606,81 A a	682,68 A a	729,30 A a	659,75 A a

A RN é a primeira enzima na cadeia de redução do N dentro do processo de assimilação do N nas plantas. Devido a isso a atividade da RN pode estar relacionada indiretamente com a produtividade das culturas. Com base na pressuposição de que plantas com alta atividade da RN possuem maior capacidade de assimilar o nitrato disponível e, em consequência, maior capacidade em responder à adubação nitrogenada como descrito por Machado & Magalhães (1995) e Purcino et al., (1994).

O papel da enzima RN é uma indicativa da capacidade do milho em assimilar N, como descrito por Purcino et al. (1994) que observaram que materiais com alta atividade da NR tendem a ser responsivos à adubação nitrogenada e eficientes no uso do N em ambientes com baixo teor deste nutriente, enquanto que materiais que só produzem bem quando adubados tendem a ter baixa atividade da NR.

Conclusões

A fonte de N polyblen é mais indicada para o desenvolvimento inicial dos híbridos de milho estudados e as fontes de N sulfato de amônio e uréia disponibilizam quantidades de N mais adequadas que o polyblen no início do florescimento masculino.

Literatura Citada

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L, Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 5, p.1079-1084, 2001.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, p.33-40, 2002.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2.ed. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 71. 1995. p.9.
- CONAB Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Oitavo acompanhamento da safra brasileira: grãos – Maio de 2012. Brasília, DF, 2012.
- DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1691-1697, 2008.
- FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA L .E. M.; PURCINO, A. A. C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, p.13-17, 2002.

GROSS, M. R.; PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, p.387-393, 2006.

MACHADO, A. T. & MAGALHÃES, J. R. Melhoria de milho para uso eficiente de nitrogênio sob condições de estresse. In: *Anais do Simpósio Internacional sobre Estresse Ambiental: o milho em perspectiva* (A.T. Machado, R. Magnavaca, S. Pandey & A.F. Silva, eds.). p.321-343, 1995. Belo Horizonte, MG.

MEGURO, N. E.; MAGALHÃES, A. C. Atividade da redutase de nitrato em cultivares de café. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.17, p.249-257, 1982.

Merotto Junior, A.; Alneida, M. L.; Fuchs, O. Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. *Ciência Rural*, v. 27, n. 4, p.1-9, 1997.

PURCINO, A. A. C., MAGNAVACA, R., MACHADO, A. T., MARRIEL, I. E. Atividade da redutase do nitrato em genótipos antigos e modernos de milho, cultivados sob dois níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.6, n.1, p.41-46, 1994.

VARVEL, G. E.; SCHPERS, J. S. & FRANCIS, D. D. Ability for in season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Sci. Am. J.*, v. 61, p.1233-1239, 1997.