



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Estado nutricional de plantas de milho submetidas a fontes e doses de nitrogênio em região Semiárida

Henrique Antunes de Souza⁽¹⁾, Ana Clara Rodrigues Cavalcante⁽¹⁾, Roberto Cláudio Fernandes F. Pompeu⁽¹⁾, Rafael Gonçalves Tonucci⁽¹⁾, Viviane Cristina Modesto⁽²⁾, William Natale⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador Embrapa Caprinos e Ovinos, henrique@cnpc.embrapa.br; anaclara@cnpc.embrapa.br; rpompeu@cnpc.embrapa.br; rgttonucci@cnpc.embrapa.br; ⁽²⁾ Pós-graduanda; Departamento de Solos e Adubos; FCAV/UNESP – Campus Jaboticabal, vivianemodesto@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto Departamento de Solos e Adubos, FCAV/UNESP – Campus Jaboticabal, Bolsista PQ/CNPq, natale@fcav.unesp.br

RESUMO – O correto manejo da adubação nitrogenada e o emprego de tecnologias agregadas, aliados a cultivares adaptados a determinadas condições edafoclimáticas visam o melhor aproveitamento do N pelas plantas, em especial a cultura do milho. Assim, objetivou-se avaliar o estado nutricional de plantas de milho, em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados em diferentes doses. O estudo foi conduzido no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa/CNPQ) em Sobral-CE. Os tratamentos consistiram de cinco fontes de nitrogênio: uréia; uréia + NBPT; uréia + polímero; uréia + inibidor enzimático + B + Cu; e uréia + capeamento com S elementar, em três níveis de adubação nitrogenada em cobertura: 60, 45 e 30 kg ha⁻¹, aplicados 30 dias após o plantio. A variedade estudada foi o milho BRS Gorutuba, adaptado às condições Semiáridas. Quando as plantas apresentavam-se 50% pendoadas, foram avaliadas quanto ao estado nutricional para macro e micronutrientes coletando-se a folha diagnóstica. Pode-se constatar que para N e S houve diferença dos tratamentos em relação à testemunha. A menor dose empregada, de 30 kg ha⁻¹ de N, para os adubos uréia + NBPT, uréia + polímero e uréia + inibidor enzimático promoveu adequado estado nutricional em N.

Palavras-chave: *Zea mays*, fertilizantes revestidos, diagnose foliar

INTRODUÇÃO – O milho, devido ao seu alto potencial produtivo, composição química e valor nutricional, possui importante papel na economia e desenvolvimento social em várias regiões do país, como por exemplo, na região do Semiárido brasileiro.

Ainda, dentre os nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, destaca-se o papel que o N desempenha nas plantas, o nitrogênio é constituinte de proteínas, das quais muitas têm funções enzimáticas e regulatórias importantes em todo o metabolismo da planta, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila. Ainda, afeta as taxas de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas (Malavolta, 2006). Entretanto, esse macronutriente é o que tem o

manejo e a recomendação de adubação mais complexos (Raij, 2011).

A uréia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no país devido ao seu baixo custo em relação às outras fontes de N, porém, quando aplicada ao solo, sem incorporação, pode levar a perdas de N para a atmosfera sob a forma de NH₃ (Silva et al., 2011), reduzindo sua eficácia, causando perdas em produtividade.

O emprego de fontes com tecnologias agregadas visa evitar essas perdas através do recobrimento dos fertilizantes tradicionais por substâncias orgânicas, inorgânicas ou resinas sintéticas, influenciando no mecanismo e na intensidade do processo de liberação do nutriente (Queiroz et al., 2011).

Diante da importância do manejo da adubação nitrogenada, objetivou-se avaliar a aplicação de doses de N em cobertura, empregando-se fontes com tecnologias agregadas, no estado nutricional na cultura do milho em região Semiárida.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi conduzido no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa/CNPQ), situada no município de Sobral - CE, a 3° 41'S e 40° 20'W. O clima da região é do tipo BShw, segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média anual é de 28°C e a precipitação média de 759 mm por ano.

O solo coletado na camada de 0-20 cm foi classificado como Luvissolo (EMBRAPA, 2006). As análises químicas para fins de fertilidade do solo foram realizadas segundo Raij et al., (2001), e encontram-se na Tabela 1. A variedade de milho utilizada foi a BRS Gorutuba, de ciclo superprecoce e adaptada às condições edafoclimáticas do Semiárido. O ensaio foi conduzido na safra 2010/2011.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos às unidades experimentais segundo um arranjo fatorial 5 x 3 + 1, resultantes da combinação de cinco fontes de nitrogênio: uréia (45% de N); uréia + NBPT (45% de N); uréia + polímero (43% de N); uréia + inibidor enzimático (44,6% de N + 0,4% de B + 0,5% de Cu); e uréia + capeamento

com enxofre elementar (37% de N) em três níveis de adubação nitrogenada em cobertura 100%, 75% e 50% da dose recomendada para a cultura que foi de 60 kg ha⁻¹ de N (Raij e Cantarella, 1997), os quais foram aplicados em cobertura, 10cm ao lado das plantas, 30 dias após o plantio, sem incorporação. Os demais nutrientes, aplicados no plantio, seguiram as recomendações de Raij e Cantarella (1997).

No estágio VT (pendoamento) (Ritchie et al, 1993), foram coletadas folhas para avaliação do estado nutricional segundo Cantarella et al. (1997), ou seja, o terço central das folhas da base da espiga. Os procedimentos de análise de macro e micronutrientes foram realizados segundo Bataglia et al. (1983).

De posse dos dados foi realizada a análise de variância e, quando significativo, executado os desdobramentos, além de contraste ortogonal entre os tratamentos e a testemunha, com auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Com relação à diagnose foliar para macronutrientes observa-se resultado significativo para a interação doses versus adubos nitrogenados somente para N. Para magnésio e enxofre houve resultado significativo apenas para as fontes estudadas, em que para Mg a uréia com capeamento com S elementar apresentou superioridade em relação à uréia com polímero e, para S a mesma fonte foi superior à uréia com NBPT. Para o contraste, apenas o N e o S apresentaram diferença entre os tratamentos e a testemunha, sendo que as doses e fontes obtiveram teores maiores (Tabela 2). Para os macronutrientes exceto o S, todos estiveram dentro das faixas consideradas adequadas segundo Cantarella et al. (1997), o teor de N para a testemunha esteve abaixo em relação aos tratamentos empregados e fora da zona de suficiência.

O teor de nitrogênio na folha diagnóstica variou significativamente apenas para os adubos uréia, uréia + inibidor enzimático e uréia + capeamento com enxofre elementar para doses. A uréia e a uréia + capeamento com enxofre elementar apresentaram maiores valores para as doses 45 e 60 kg ha⁻¹ de N em relação à menor dose e, para a uréia + inibidor enzimático a dose de 30 kg ha⁻¹ foi superior em relação à dose padrão (Tabela 3). Em função dos fertilizantes para a menor dose empregada os adubos uréia + polímero e uréia + inibidor enzimático foram superiores as fontes uréia sem tecnologia agregada e uréia com capeamento com S elementar e, uréia + NBPT foi superior à uréia + capeamento com S elementar. Na dose intermediária não houve diferenças para os adubos trabalhados e, para a dose padrão (60 kg ha⁻¹) a uréia + polímero e a uréia com capeamento com S elementar foram superiores a uréia com inibidor enzimático (Tabela 3).

Entre os micronutrientes houve resultado significativo apenas para o fator fertilizantes para cobre, sendo que a uréia + NBPT foi superior a uréia + inibidor enzimático (Tabela 4). Para os micronutrientes todos apresentam valores dentro das faixas de teores adequados segundo Cantarella et al. (1997).

Silva et al. (2011) relatam que, a associação de uréia ao inibidor de uréase NBPT, reduz significativamente as

perdas de N-NH₃ por volatilização, proporcionando maior produtividade e acúmulo de N nos grãos, quando comparada à uréia não tratada. No entanto, a eficiência agrônômica do milho pode ser reduzida quando se aplica doses elevadas de adubo nitrogenado. Souza et al. (2011) verificaram que o fertilizante nitrogenado com inibidor de uréase promoveu maiores teores de N em plantas de milho em relação à uréia.

CONCLUSÕES - Para N e S houve diferença dos tratamentos em relação à testemunha. A menor dose empregada, de 30 kg ha⁻¹ de N, para os adubos uréia + NBPT, uréia + polímero e uréia + inibidor enzimático promoveu adequado estado nutricional em N.

AGRADECIMENTOS - À Embrapa/CNPQ, à FUNCAP e a Rede FertBrasil pelo auxílio financeiro e na condução do ensaio.

REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B.van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1997, 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: um programa para análises e ensino estatístico. **R. Cient. Symposium**, Lavras, 6:36-41, 2008.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- QUEIROZ, A.M.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, V.J.; LANA, R.M.Q.; KORNDORFER, G.H.; SILVA, A.A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 10: 257-266, 2011.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. 1997. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1997, 28p. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solo tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001, 285p.
- RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. & BENSON. G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1993. 21p.

SILVA, D.R.G.; PEREIRA, A.F.; DOURADO, R.L.; SILVA, F. P.; ÁVILA, F.W.; FAQUIN, V. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras, 35:516-523, maio/jun., 2011.

SOUZA, J.A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M.E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, 70: 447-454, 2011.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo da área experimental antes da implantação do ensaio

| pH | M.O. g dm ⁻³ | P (resina) mg dm ⁻³ | K | Ca | Mg | H+Al | SB | T | V |
|------|----------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-------------------|------|------|------|----|
| 5,3 | 12 | 5 | 1,5 | 31 | 19 | 25 | 51,5 | 76,5 | 67 |
| B | Cu | Fe | Mn | Zn | S-SO ₄ | Al | | | |
| 0,14 | 0,5 | 35 | 9,8 | 0,2 | 2 | 0 | | | |

Tabela 2. Médias dos tratamentos, valor de F e coeficiente de variação para macronutrientes na folha diagnóstica de plantas de milho.

| Doses (D) | N | P | K | Ca | Mg | S |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| kg ha ⁻¹ | g kg ⁻¹ | | | | | |
| 30 | 25,8b ¹ | 2,8 | 21 | 2,4 | 1,8 | 1,1 |
| 45 | 27,4a | 2,8 | 22 | 2,4 | 1,8 | 1,1 |
| 60 | 27,1ab | 2,7 | 21 | 2,4 | 1,7 | 1,2 |
| Teste F | 4,12* | 0,23 ^{ns} | 0,34 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,69 ^{ns} | 0,12 ^{ns} |
| Fertilizantes (F) | | | | | | |
| Uréia | 26,4ab | 2,6 | 21 | 2,3 | 1,8ab | 1,1ab |
| Uréia + NBPT | 26,1b | 2,8 | 20 | 2,5 | 1,8ab | 0,9b |
| Uréia + Polímero | 28,4a | 2,9 | 22 | 2,3 | 1,5b | 1,1ab |
| Uréia + Inibidor enzimático | 26,7ab | 2,7 | 22 | 2,3 | 1,6ab | 1,2ab |
| Uréia + Capeamento com S elementar | 26,4ab | 2,8 | 21 | 2,5 | 2,0a | 1,3a |
| Teste F | 2,85* | 0,81 ^{ns} | 1,58 ^{ns} | 0,46 ^{ns} | 4,29** | 3,72* |
| D x F | | | | | | |
| Teste F | 77,59** | 1,21 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 0,34 ^{ns} | 1,09 ^{ns} | 2,00 ^{ns} |
| Testemunha (T) | 21,7 | 2,8 | 20,0 | 2,2 | 1,9 | 0,7 |
| Contraste | | | | | | |
| Trat vs T | 2,36* | 0,95 ^{ns} | 0,81 ^{ns} | 0,32 ^{ns} | 1,78 ^{ns} | 2,96** |
| CV (%) | 6,29 | 17,34 | 6,48 | 21,90 | 17,60 | 17,08 |

*, ** e ^{ns} – Significativo a 5 e 1% e não significativo respectivamente. ¹ As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Teor de N em folhas de plantas de milho em função de doses e fontes de fertilizantes nitrogenados

| Dose | Uréia | Uréia + NBPT | Uréia + Polímero | Uréia + Inibidor enzimático | Uréia + Capeamento com S elementar |
|---------------------|----------------------|--------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| kg ha ⁻¹ | g kg ⁻¹ | | | | |
| 30 | 23,1bCB ¹ | 26,6aAB | 29,1aA | 28,7aA | 21,4bC |
| 45 | 27,4aA | 25,2aA | 28,0aA | 27,1abA | 28,6aA |
| 60 | 28,5aAB | 26,4aAB | 28,3aA | 24,26bB | 29,2aA |

¹ As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Médias dos tratamentos, valor de F e coeficiente de variação para micronutrientes na folha diagnóstica de plantas de milho.

| Doses (D) | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|---|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| kg ha⁻¹ | | mg kg⁻¹ | | | |
| 30 | 12 | 7 | 84 | 17 | 28 |
| 45 | 12 | 9 | 90 | 16 | 39 |
| 60 | 12 | 8 | 87 | 16 | 22 |
| Teste F | 0,07 ^{ns} | 1,70 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,42 ^{ns} | 1,01 ^{ns} |
| Fertilizantes (F) | | | | | |
| Uréia | 11 | 8ab ¹ | 87 | 17 | 19 |
| Uréia + NBPT | 13 | 9a | 93 | 15 | 32 |
| Uréia + Polímero | 11 | 8ab | 88 | 16 | 26 |
| Uréia + Inibidor enzimático | 12 | 7b | 77 | 16 | 54 |
| Uréia + Capçamento com S elementar | 12 | 8ab | 89 | 16 | 18 |
| Teste F | 1,79 ^{ns} | 2,53* | 0,23 ^{ns} | 0,77 ^{ns} | 1,63 ^{ns} |
| D x F | | | | | |
| Teste F | 1,64 ^{ns} | 1,01 ^{ns} | 1,16 ^{ns} | 0,61 ^{ns} | 1,40 ^{ns} |
| Testemunha (T) | 11 | 5 | 42 | 12 | 24 |
| Contraste | | | | | |
| Trat vs T | 1,32 ^{ns} | 1,94 ^{ns} | 1,04 ^{ns} | 0,94 ^{ns} | 1,41 ^{ns} |
| CV (%) | 15,81 | 22,74 | 42,02 | 18,60 | 112,51 |

*, ** e ^{ns} – Significativo a 5 e 1% e não significativo respectivamente. ¹ As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.