

DOSES DE NITROGÊNIO E EFEITOS NO MILHO CULTIVADO EM DOIS TIPOS DE SOLOS

Dione Aguiar¹, Regiane Cristina Urcoviche¹, Nelson João Girelli de Oliveira², Odair Alberton³

¹Mestranda e mestre, respectivamente, do Programa de Biotecnologia Aplicada à Agricultura; Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: dioneaguiar@yahoo.com.br; regiurco@hotmail.com.

²Discente do curso em engenharia agrônoma da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: nelsongirelli@hotmail.com.

³Docente do Programa de Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura; Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: odair@unipar.br.

RESUMO: O nitrogênio (N) é o nutriente que mais exigido e que mais interfere na produtividade do milho (Zea mays L.). Os objetivos deste estudo foram determinar o pH do solo, altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca parte aérea (MSPA) e o N da parte aérea (NPA) em resposta a adição de 0, 50 e 100 kg de N ha⁻¹ em dois tipos de solos, um Argissolo de Mariluz, PR e um Latossolo de Umuarama, PR. As plantas foram crescidas por 60 dias em vasos plásticos com 3 kg de solo e com três repetições em casa de vegetação. A altura e o número de folhas das plantas aumentaram com a adição de N no solo e não teve diferença entre os dois tipos de solo. A MSPA diferiu entre os solos testados, variando de 2,18 a 1,76 g vaso⁻¹ para o solo de Mariluz e Umuarama, respectivamente. A adição de 50 e 100 kg de N ha⁻¹ ao solo aumentou em até 21% a MSPA. O solo de Mariluz foi o mais responsivo, e a adição de N ao solo aumentou significativamente o NPA nos dois solos testados. Conclui-se que a altura das plantas, número de folhas, produção de massa da parte aérea e N da parte aérea foram aumentadas pela adição de N do solo, influenciando positivamente o desempenho e o desenvolvimento da cultura, sendo o solo de Mariluz mais responsivo a adição de N ao solo comparado com o solo de Umuarama.

PALAVRAS-CHAVE: Zea mays L., produção agrícola, tipo de solo, adubação nitrogenada.

NITROGEN RATES AND EFFECTS ON MAIZE GROWING UNDER TWO SOIL TYPES

ABSTRACT: Nitrogen (N) is the nutrient that most affects more than required and the corn (Zea mays L.) yield. The objectives of this study were to determine the soil pH, plant height, stem diameter, number of leaves, aboveground dry matter (ADM) and the aboveground nitrogen (AN) in response to the addition of 0, 50 and 100 kg of N ha⁻¹ in soil two soil types, a Ultisol of Mariluz, PR and a Oxisoil of Umuarama, PR. The plants were grown in plastic pots with 3 kg of soil, with three replications in greenhouse. The height and number of leaves of the plants were significantly increased with the addition of N in the soil and there was no difference among the doses of 50 and 100 kg of N ha⁻¹ and soil types. The ADM differed between the soils, from 2.18 to 1.76 g pot⁻¹ for soil from Mariluz and Umuarama, respectively. The addition of 50 and 100 kg of N ha⁻¹ in the soil increased ADM by 21%. The

soil from Mariluz was the most responsive, and adding N to soil significantly increased the AN in both soils tested. Was concluded that plant height, number of leaves, mass production of shoots and shoot N were increased by adding N from the soil, positively influencing the performance and development of maize plants, and the soil from Mariluz was more responsive to N in the soil compared to the soil from Umuarama.

KEY WORDS: Zea mays L., agricultural production, soil type, nitrogen fertilization

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância econômica e mais estudada devido ao valor nutricional de seus grãos, dada sua grande importância na alimentação humana, animal e matérias primas para a indústria. A cultura do milho está entre as de maior potencial produtivo de grãos, porém a produtividade média no Brasil está muito abaixo da capacidade produtiva da cultura obtida em outros países como os EUA. A cultura do milho ocupou no Brasil, em 2013/14, uma área em torno de 15,5 milhões de hectares, responsável por uma produção de cerca de 75,5 milhões de toneladas de grãos, apresentando um rendimento médio de 4879 kg ha⁻¹ (Conab, 2014).

Para a obtenção de altas produtividades economicamente viáveis, a nutrição mineral adequada é um dos fatores essenciais para tal garantia, em consequência de práticas adequadas de manejo do solo e adubação.

Os nutrientes mais exigidos pelo o milho são o nitrogênio (N) e o potássio (K), vindo em seguida o fósforo (P), cálcio (C) e magnésio (Mg) (Sousa et al., 2010). Deficiência, principalmente do N, proporcionara queda de produtividade do milho, uma vez que o N está diretamente ligado no metabolismo das plantas de milho. Assim, se torna de grande importância o aumento da disponibilidade do N e do uso eficiente de N para as plantas no sistema de produção agrícola (Onasanya et al., 2009; Walsh et al., 2012, Carvalho et al., 2013).

Para que os rendimentos obtidos de uma lavoura de milho possam ser considerados satisfatórios, é de extrema importância à aplicação de fertilizantes que contém N, uma vez, que os solos brasileiros não conseguem atender a demanda deste elemento nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (Pöttker e Wiethölter, 2004). A quantidade utilizada de N no Brasil é, em média, de 60 kg ha⁻¹, enquanto na China é de 130 kg ha⁻¹ e nos Estados Unidos, de 150 kg ha⁻¹ (Meira, 2006).

O N presente no solo pode sofrer reações na ordem química e biológica, as quais são regidas pelas condições edafoclimáticas, além de perdas através dos processos de lixiviação, volatilização, desnitrificação e erosão, caso seu manejo se dê de forma inadequada (Valentini et al., 2005; Rambo et al., 2008; Vargas et al., 2012).

Deve se ter cautela para recomendar a dose de N a ser utilizada, haja vista que se subestimada, ocorrerá à redução da produtividade e, quando superestimada, diminuem a rentabilidade do produtor pelo gasto desnecessário com fertilizantes, além de afetar o meio ambiente, em consequência das perdas de N em decorrência do excesso disponível (Onasanya et al., 2009; Okumura et al., 2011; Vargas et al., 2012).

Do ponto de vista econômico e ambiental, torna-se imprescindível o conhecimento e manejo adequado dos fatores que influenciam a produtividade da cultura, tais como, doses, fontes e épocas de aplicação do adubo nitrogenado.

A diagnose visual dos sintomas de deficiência de nutrientes constitui-se um método adequado para o manejo de nutrientes, bem como acessíveis ao nível dos pequenos produtores de milho, como é realidade de vários produtores do Brasil.

A cultivar de milho BR106 é rústica, tem baixo custo das sementes, apresenta boa estabilidade de produção e adaptabilidade a todas as regiões brasileiras, resistência ao acamamento e ao ataque das principais pragas. Por tudo isso, é um milho ao alcance de todos os produtores brasileiros, independente de seu nível tecnológico, destacando-se como sendo um dos milhos mais plantados no Brasil na atualidade.

Neste estudo a hipótese foi que os diferentes tipos de solo e a adição de N no solo afetarão a diagnose visual do sintoma de deficiência de N e os parâmetros relacionados à produção vegetal, como altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio da parte aérea (NPA). Os objetivos deste estudo foram determinar o pH do solo, altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, MSPA e o NPA em resposta a adição de N ao solo em dois tipos de solos.

MATERIAL E MÉTODOS

No experimento foram utilizados dois tipos de solos coletados em fevereiro de 2012. Um dos solos foi coletado no município de Mariluz, localizado na região Noroeste do Estado do Paraná e classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico – Pve1. O segundo solo foi coletado na Fazenda experimental da Universidade Paranaense, Umuarama, Paraná, sendo de formação arenito Caiuá, classificado com Latossolo Vermelho distrófico – LVd19.

As análises química e granulométrica do solo foram feitas pelo laboratório Solo Fértil estabelecido na cidade de Umuarama – PR. Foi utilizado método do densímetro, seguindo os padrões preconizados pela comissão estadual de laboratórios de análises agronômicas (CELA/PR). As características químicas determinadas foram: pH em CaCl_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} extraídos em KCl 1N e P e K^+ extraídos em Mehlich-1. Todas as análises realizadas seguiram os padrões preconizados pela CELA/PR. As características físicas e químicas determinadas antes da instalação do experimento (Tabela 1).

Foram testados seis tratamentos: solo de Mariluz e de Umuarama sem adição de N (0N), uma dose da solução completa de N (1N) equivalente a 50 kg ha^{-1} de N e duas doses da solução completa de N (2N) equivalente a 100 kg ha^{-1} de N. Todos os tratamentos com três repetições.

Tabela 1 – Características química e granulométrica dos solos. Valores do pH do solo em CaCl_2 (pH), fósforo (P), carbono (C), alumínio (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V)*

Solo	pH	P (mg dm^{-3})	C (g dm^{-3})	Al^{3+}	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB	CTC	V (%)	Areia	Silte	Argila
				----- (Cmol _c dm ⁻³) -----			-----					----- (%) -----		
Mariluz	5,10	21,30	17,92	0,00	6,21	3,25	2,00	0,79	6,04	12,25	49,33	30,38	10,42	59,20
Umuarama	4,80	19,08	7,02	0,00	3,97	3,25	0,88	0,18	4,77	4,47	36,39	36,40	33,60	30,00

*Análises realizadas a partir de uma amostra composta do solo.

O experimento foi montado em 31 de julho de 2012. Foram separados vasos com 3 Kg de solo peneirado em malha quatro mm coletado na camada de 0 – 20 cm de profundidade. Foram distribuídas uniformemente quatro sementes de milho vaso⁻¹. Foi semeada a variedade de milho BR106 recomendada para a região. As sementes foram recobertas com uma camada de solo de 1 a 2 cm de espessura e molhada com água destilada, sendo abrigado da luz direta até iniciar a germinação. Após a germinação, foram mantidas duas plantas vaso⁻¹, após os vasos foram levados para a casa de vegetação. Duas semanas após a germinação, as plantas receberam os tratamentos com N. Os tratamentos foram irrigados com solução nutritiva completa com 50 e 100 kg ha^{-1} na forma de NH_4NO_3 e sem N conforme Hoagland e Arnon (1950), os outros nutrientes utilizados vaso⁻¹ foram: 7,5 mg de KH_2PO_4 ; 15 mg de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 22 mg de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; solução de micronutrientes e Fe-EDTA. Após o experimento foi irrigado quando necessário com água destilada.

A variedade de milho BR106 que é adaptada a todas as regiões do país e tem uma produtividade média de 5500 kg ha⁻¹, por isso esta variedade de milho foi utilizada neste estudo.

Aos 45 dias após a emergência foram medidos a altura (cm) a partir do colo das plantas com fita métrica, o diâmetro do caule (mm) à 3 cm do colo da planta como o auxílio de um paquímetro e número de folhas completamente expandida, com tamanho semelhante a uma folha velha.

Aos 60 dias após a emergência o experimento foi colhido e determinado pH do solo em CaCl₂ conforme Nogueira e Souza (2005), pesando 10 g de Terra Fina e Seca ao Ar (TFSA) e adicionando-se 25 mL de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. A parte aérea plantas foi separada e seca em estufa a 65 °C por 48 h, pesada e moída para determinar o N da parte aérea (NPA) pelo método de digestão sulfúrica e 350 °C e destilação pelo método de Kjeldahl conforme Nogueira e Souza (2005).

No tratamento com os solos de Mariluz e Umuarama foi feito o teste-*t* com médias independentes bilaterais com nove repetições ($p \leq 0,05$). Nas diferentes doses de N adicionado no solo (seis repetições) e nas combinações solo *versus* N (três repetições) foi usado o teste de Duncan ($p \leq 0,05$) utilizando-se o programa estatístico SPSS versão 16.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observamos deficiência de N através diagnose visual, principalmente nas plantas de milho crescidas no solo de Umuarama sem a adição de N (Figura 1A). No solo de Mariluz a deficiência de N foi menor através diagnose visual (Figura 1B), provavelmente devido ao maior conteúdo de C e argila no solo e CTC (Tabela 1), no qual contribui para uma maior fertilidade do solo. A deficiência de N através diagnose visual foi comprovada pelos dados obtidos na Tabela 2.

O pH do solo em CaCl₂ está dentro dos valores 3,84 a 6,56 encontrados para a região Noroeste do Paraná, conforme reportado por Sambatti et al. (2003). Com a aplicação de N no solo observou-se um diminuição significativa do pH de 4,63 sem N para 4,26 com N (Tabela 2). Não teve diferença significativa da adição de N no solo no do pH dos dois tipos de solo analisados (Tabela 2). Porém, no estudo de Araújo et al. (2004), não observaram diferenças no pH do solo com a adição de N em um Latossolo Vermelho distroférico em São Paulo com doses de 0 a 240 kg ha⁻¹ aplicados em cobertura.



A – Solo de Umuarama sem adição de N.

Com 50 kg ha⁻¹ de N.

Com 100 kg ha⁻¹ de N.



B – Solo de Marilux sem adição de N.

Com 50 kg ha⁻¹ de N.

Com 100 kg ha⁻¹ de N.

Figura 1 – Características visuais das plantas de milho no final do experimento. Solo A proveniente de Umuarama sem a adição de N, e com a adição de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N. Solo B proveniente de Mariluz sem a adição de N, e com a adição de 50 e 100 kg ha⁻¹ de N.

A altura e o número de folhas das plantas foram significativamente aumentas com a adição de N no solo e não teve diferença entre as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ e os tipos de solo (Tabela 2). A mesma tendência quanto ao aumento da altura e do número de folhas das plantas de milho com a adição de N ao solo foram observados por outros autores, como Onasanya et al. (2009), Sharifi e Taghizadeh, 2009 e por Lima et al. (2011), no qual encontram diferença somente quando não foi adicionado N ao solo, já a adição de 40 a 160 kg ha⁻¹ de N aumentou a altura das plantas, mas não diferiu a altura entre as plantas. Porém, no estudo de Migliavacca et al. (2013), não observaram diferença significativa na altura da planta de milho com a adição de N ao solo em várias fonte de N.

O diâmetro do caule não foi afetado significativamente pelos tratamentos (Tabela 2). O mesmo foi observado por Migliavacca et al. (2013), no qual o diâmetro do caule também não foi afetado com a adição de N ao solo em várias fonte de N.

Tabela 2 – pH do solo em CaCl₂, altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de nitrogênio da parte aérea (NPA).

Solo	pH	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Nº de Folhas	MSPA (g vaso ⁻¹)	NPA (mg g ⁻¹)
Mariluz	4,41±0,07	44,11±0,99	4,3±0,2	4,1±0,2	2,18±0,09	28,58±2,53
Umuarama	4,37±0,06	47,19±1,25	4,1±0,1	4,1±0,1	1,76±0,04	26,25±2,34
Valor de p	0,709	0,071	0,284	0,829	0,001	0,508
N aplicado (kg ha ⁻¹)						
N0 = 0	4,63±0,01 a	42,12±1,11 b	4,1±0,2 a	3,6±0,1 b	1,74±0,11 b	17,85±0,42 c
N1 = 50	4,29±0,04 b	46,96±1,50 a	4,3±0,2 a	4,3±0,2 a	2,05±0,11 a	31,09±0,92 b
N2 = 100	4,26±0,06 b	47,88±0,49 a	4,3±0,1 a	4,4±0,2 a	2,11±0,12 a	33,31±0,57 a
Valor de p	0,001	0,005	0,616	0,005	0,043	0,001
Tratamentos						
Mariluz-N0	4,64±0,01 a	41,42±1,4 c	4,3±0,3 a	3,3±0,2 b	1,88±0,19 b	18,55±0,53 d
Mariluz-N1	4,32±0,08 b	44,08±1,6 bc	4,3±0,3 a	4,3±0,3 a	2,29±0,05 a	32,90±0,52 ab
Mariluz-N2	4,27±0,12 b	46,83±0,1 ab	4,3±0,3 a	4,5±0,3 a	2,37±0,03 a	34,30±0,40 a
Umuarama-N0	4,61±0,01 a	42,82±1,9 c	3,8±0,2 a	3,8±0,2 ab	1,60±0,04 b	17,15±0,35 d
Umuarama-N1	4,27±0,02 b	48,83±0,6 a	4,3±0,2 a	4,2±0,2 a	1,82±0,03 b	29,28±0,84 c
Umuarama-N2	4,25±0,02 b	48,92±0,4 a	4,2±0,2 a	4,3±0,2 a	1,85±0,02 b	32,31±0,71 b
Valor de p	0,001	0,002	0,710	0,031	0,001	0,001

No solo de Mariluz e Umuarama foi feito o teste-*t* com médias independentes bilaterais.

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

O acúmulo da MSPA apresentou alto grau de dependência da adição de N ao solo (Tabela 2). A MSPA diferiu significativamente entre os solos testados, de 2,18 g vaso⁻¹ para o solo de Mariluz, para 1,76 g vaso⁻¹ para o solo de Umuarama (Tabela 2). O solo de Mariluz tem um teor maior de argila, C e CTC do solo do que o solo de Umuarama (Tabela 1). A adição de N de 50 e 100 kg ha⁻¹ ao solo aumentou significativamente em até 21% a MSPA (Tabela 2). Araújo et al. (2004), encontraram diferenças na MSPA com a adição de N em um Latossolo Vermelho distroférico em São Paulo com doses de 0 a 240 kg de N ha⁻¹ aplicados em cobertura, porém o aumento da MSPA só foi significativo com a adição superior a 180 kg ha⁻¹. No estudo realizado por Rambo et al. (2008) também foi encontrado um aumento na MSPA com a adição de N em um Argissolo Vermelho distrófico típico no Rio Grande do Sul

com doses de 0 a 300 kg ha⁻¹ adicionados 20% na semeadura e o restante em cobertura, sendo o aumento da MSPA significativa a partir da adição de 50 kg de N ha⁻¹. Carvalho et al. (2013) avaliaram 25 genótipos de milho sem e com a adição de 0 e 150 kg de N ha⁻¹ e também observaram um aumento significativo na MSPA.

O solo de Mariluz (um Latossolo) foi o mais responsivo a adição de N ao solo, porém o solo de Umuarama (um Argissolo) não respondeu significativamente a adição de N ao solo no aumento da MSPA (Tabela 2). Segundo Uhart e Andrade (1995) o N determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca, resultando em maior produção de grãos, corroborando com os resultados do presente estudo. Isto também foi observado por Cavallet et al. (2000), no qual encontraram um aumento na produtividade de grãos de milho na ordem de 14% com a adição de 70 kg ha⁻¹ de N na semeadura comparado sem a adição de N ao solo. Recentemente, Peng et al. (2014) em um estudo a campo e testando 3 doses de N: 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ de N observaram aumento significativo na MSPA com a adição de 150 e 300 kg ha⁻¹ de N, sendo a adição de 300 kg ha⁻¹ de N apresentando a maior MSPA.

Fernandes et al. (2005) estudaram doses de 0, 30, 90 e 180 kg de N ha⁻¹ e observaram diferença de produtividade entre as cultivares de milho testadas, sendo a dose de 110 kg de N ha⁻¹ que propiciou a máxima produtividade de grãos. A eficiência do uso de N de todos os híbridos testados diminuiu quando se aumentou a dose de N adicionada e, para todas as doses de N, o híbrido DKB 333B foi o que apresentou maior eficiência de uso do N e as variedades BR106 e Sol da Manhã apresentaram menor eficiência no uso de N.

As exigências de N pelo milho variam consideravelmente com os diferentes estágios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o florescimento até o início de formação dos grãos. Sabendo disso, Okumura et al. (2011) revisou os teores de N na folha, e verificou que no período de pleno florescimento é a fase recomendada para diagnosticar o estado nutricional da planta, obtendo valores de 28 a 35 mg g⁻¹ de N nas folhas, como sendo adequado para a cultura.

O NPA não diferiu significativamente entre os solos testados no presente estudo. A adição de N ao solo aumentou significativamente o NPA, de 18 mg g⁻¹ sem a adição de N (sendo deficiente em N, segundo Okumura et al. (2011), para 31 mg g⁻¹ com a adição de 50 kg de N ha⁻¹ e para 33,3 mg g⁻¹ com a adição de 100 kg de N ha⁻¹, isto significa um aumento de 85% no conteúdo de NPA. Resultados similares foram encontrados por Rambo et al.

(2008), no qual observaram valores de 30 a 34 mg g⁻¹ de NPA com a adição de 100 kg de N ha⁻¹. A mesma tendência foi observada por Araújo et al. (2004), no qual encontraram aumento significativo no NPA com a adição de 60 kg ha⁻¹ de N. No estudo feito por Casagrande e Fornasieri-Filho (2002), também observaram um aumento significativo do NPA já a partir da dose 30 kg de N ha⁻¹ se comparado sem a adição de N no solo e não houve diferenças entre as dose de 30, 60 e 90 kg de N ha⁻¹ tendo uma média de 39 mg g⁻¹ de N.

Porém, Dotto et al. (2010) não verificaram diferenças no NPA com a adição de até 80 kg de N ha⁻¹ no solo em cobertura em dois híbridos crescidos a campo em Marechal Cândido Rondon, PR. Valentini et al. (2005), também estudando a cultivar BR106 no estado do Rio de Janeiro, não encontraram diferença no NPA com a adição de até 50 kg de N ha⁻¹.

O solo de Mariluz foi o mais responsivo e a adição de N ao solo aumentou significativamente o NPA nos dois solos testados (Tabela 2). O teor de NPA é um dos fatores determinantes no conteúdo de clorofila e reflete a disponibilidade de N no solo, sendo que as análises químicas e visuais úteis na detecção de deficiência de N como foram observadas neste estudo sem a adição de N ao solo, principalmente no solo de Umuarama, no qual teve deficiência de N através diagnose visual bem características com as plantas menores e com folhas amareladas.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a altura das plantas, número de folhas, produção de massa da parte aérea e N da parte aérea, foram aumentadas com a adição de N no solo, influenciando positivamente o desempenho e o desenvolvimento da cultura do milho, sendo o solo de Mariluz mais responsivo a adição de N no solo se comparado com o solo de Umuarama.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Paranaense – UNIPAR pelo apoio à pesquisa. Dione Aguiar e Regiane Cristina Urcoviche agradecem a bolsa PROSUP/CAPES.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; da CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

CARVALHO, E. V.; CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; CRUZ, O. S. Crescimento de milho em níveis contrastantes de nitrogênio e sua correlação com produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 351-357, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária**, Brasília, Abr. 2014. Central de informações agropecuárias. Disponível em “<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1534&t=2>” Acesso em: 14 abr. 20124.

DOTTO, A. P.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 376-382, 2010.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**. Circular. California Agricultural Experiment Station, 1950. v. 347, p. 1-32.

LIMA, F. F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. V. B.; DE ARAÚJO, F. F.; LIMA, L. M.; DE ARAÚJO, A. S. F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 657-661, 2011.

MEIRA, F. A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho**. 2006. 52p. Tese (Doutorado em agronomia) – Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

MIGLIVACCA, R. A.; SILVA, T. R. B.; FELIX, J. C.; BATTISTI, L. B.; ROGÉRIO, F.; SANTOS, J. I.; ALBRECHT, A. J. P. Fontes de nitrogênio na adubação de cobertura no milho. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 2, n. 2, p. 221-228, 2013.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos – SP. EMBRAPA pecuária sudeste, 2005. 334 p.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 226–244, 2011.

ONASANYA, R. O.; AIYELARI, O. P.; ONASANYA, A.; OIKEH, S.; NWILENE, F. E.; OYELAKIN, O. O. Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) to different rates of

nitrogen and phosphorus fertilizers in Southern Nigeria. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 4, p. 400-407, 2009.

PENG, Y.; LI, C.; FRITSCHI, F. B. Diurnal dynamics of maize leaf photosynthesis and carbohydrate concentrations in response to differential N availability. **Environmental and Experimental Botany**, v. 99, p. 18–27, 2014.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n. 4, p.1015-1020, 2004.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; DELATORRE, C. A.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Adequação de doses de nitrogênio em milho com base em indicadores de solo e de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 401-409, 2008.

SAMBATTI, J. A.; SOUZA JUNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S.; TORMENA, C. A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos da formação Caiuá – Noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-264, 2003.

SHARIFI, R. S.; TAGHIZADEH, R. Response of maize (*Zea mays* L.) cultivars to different levels of nitrogen fertilizer. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 7, n. 3-4, p. 518-521, 2009.

SOUZA, G. G.; LACERDA, C. F.; CALVACANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M. E. J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1143-1151, 2010.

UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, v. 35, p. 1376-1383, 1995.

VALENTINI, L.; COELHO, F. C.; FERREIRA, M. S. Teor de nitrogênio foliar e produtividade de três cultivares de milho (*Zea mays* L.) submetidos às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, Lavras, v. 52, n. 302, p. 567-577, 2005.

VARGAS, V. P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SIEGA, E.; CAMIEL, G.; FERREIRA, M.A. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade desse nutriente para o milho. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 245-255, 2012.

WALSH, O.; RAUN, W.; KLATT, A.; SOLIE, J. Effect of delayed nitrogen fertilization on maize (*Zea mays* L.) grain yields and nitrogen use efficiency. **Journal of Plant Nutrition**, v. 35, n. 4, p. 538–555, 2012.

Recebido para publicação em: 14/04/2014

Aceito para publicação em: 04/06/2014