



## Macronutrientes no tecido foliar do algodoeiro em função da aplicação de níquel e gesso agrícola

**Lorena Lourenção Perezi Marçal<sup>(1\*)</sup>; Carlos Vinícius Sanches<sup>(2)</sup>; Enes Furlani Junior<sup>(4)</sup>; Noemi Cristina de Souza Vieira<sup>(3)</sup>; Amanda Pereira Paixão<sup>(3)</sup>; Raiana Crepaldi de Faria<sup>(3)</sup>; Mariana Moreira Meleiro<sup>(3)</sup>**

- (1) Graduanda do Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000. (\*apresentador, e-mail: lorena\_marcal10@hotmail.com).
- (2) Mestre em agronomia pelo Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP.
- (3) Doutoranda do Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.
- (4) Docente do Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

**RESUMO:** A determinação dos teores de macronutrientes nas folhas do algodoeiro é essencial para diagnosticar as possíveis deficiências nutricionais ao longo do ciclo da cultura, o que pode acarretar em uma diminuição de produtividade. O níquel é um nutriente essencial, pois, apresenta importância no metabolismo do nitrogênio. Outra vertente de estudos diz respeito a capacidade do níquel de agir como metal pesado sendo prejudicial para as culturas, dessa maneira faz-se necessário entender a dinâmica desse nutriente dentro dos sistemas de cultivo. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de doses de níquel e gesso, e sua interação sobre o estado nutricional de plantas de algodoeiro em condições de campo. O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul-MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em um esquema fatorial 6x4 com três repetições. Os tratamentos foram 0,0; 1,0; 2,0; 6,0; 12 e 16 kg ha<sup>-1</sup> de Ni e 0, 200, 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, aplicados via solo. O fornecimento de gesso até 800 kg ha<sup>-1</sup> interfere na absorção de Ni, verifica-se um antagonismo entre cálcio e níquel. O fornecimento de níquel via solo não interfere na absorção de nutrientes com exceção do cálcio. O cálcio exerce antagonismo em relação ao manganês. **Termos de indexação:** *Gossypium hirsutum*, sulfato de níquel, regulador de crescimento.

## INTRODUÇÃO

A Região Centro-Oeste se destaca como sendo a maior produtora de algodão do país, sendo o estado do Mato Grosso responsável por quase 67% da produção nacional de algodão em caroço (CONAB, 2017). A produção nacional de algodão em caroço foi de 3.715,2 mil toneladas e a produção de algodão em pluma foi de 1.484,7 mil toneladas na safra 2016/2017 (CONAB, 2017).

Grande parte da produção algodoeira situa-se em solos da região do bioma de cerrado, onde apresentam boas características físicas, porém limitações das propriedades químicas, como acidez alta e baixa fertilidade. O emprego do gesso agrícola é uma saída para este problema, já que apresenta inúmeros benefícios para o solo, destacando-se o efeito fertilizante pelo fornecimento de cálcio e enxofre, redução na sodicidade, condicionador de superfície e preventivo de enfermidades de plantas (VITTI et al., 2008).

Visando contribuir para melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e atenuar seu processo de degradação, pesquisas vem sendo desenvolvidas com o anseio de diagnosticar, elucidar e sugerir correções, adubações e manejos que viabilizem e promovam maximização econômica e produtiva da cultura do algodoeiro. Em termos nutricionais, o níquel (Ni) foi recentemente identificado como essencial para as plantas superiores (BROWN et al., 1987), por fazer parte da

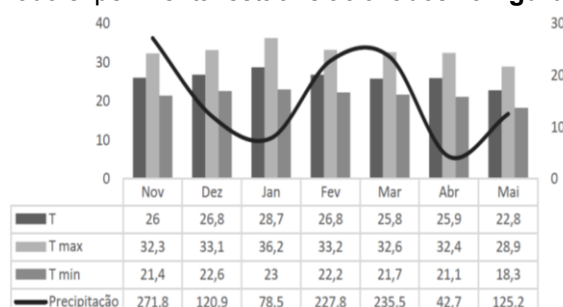


metalo enzima urease, a qual participa da decomposição da ureia para amônio e  $\text{CO}_2$ , deste modo, exerce papel importante no metabolismo do nitrogênio (DECHEN; NACHTIGAL, 2007).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de doses de níquel e gesso, e sua interação sobre o estado nutricional de plantas de algodoeiro em condições de campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, com coordenadas geográficas  $20^{\circ}22'$  de Latitude Sul e  $51^{\circ}22'$  de Longitude Oeste e com altitude média de 335 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Os dados climatológicos obtidos durante o período experimental estão relacionados na **figura 1**.



**Figura 1.** Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e precipitação pluvial (mm), no período de novembro a maio no ano agrícola 2014/15. Selvíria-MS.

O preparo do solo foi do tipo convencional, consistindo de aração seguida de gradagem para incorporação dos restos culturais. Foi semeada a cultivar de algodão FM 975 WS<sup>®</sup>, adubada na base com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 08-28-16, fornecidos de acordo com a análise química do solo (**Tabela 1**) e as recomendações para a cultura de Silva e Raij (1997). Para a adubação de cobertura foi utilizado  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, sendo como fonte a ureia (45% N), realizada aos 45 dias após a emergência. Após a semeadura e a adubação de cobertura foram realizadas irrigações por aspersão para a emergência e estabelecimento da cultura, com um carretel enrolador autopropelido. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial  $6 \times 4$  com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de seis doses de níquel (0, 1, 2, 6, 12 e

$16 \text{ Kg ha}^{-1}$ ) e quatro doses de gesso (0, 200, 400 e  $800 \text{ Kg ha}^{-1}$ ).

A aplicação do sulfato de níquel e gesso foi realizada via solo juntamente a adubação de cobertura em única aplicação aos 45 dias após emergência (d.a.e). A aplicação de Ni foi realizada por meio da diluição de sulfato de níquel ( $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), contendo 22% de Ni, em 1 L de água e distribuição via solo em cada parcela. A aplicação de gesso  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  contendo cerca de 16–20% de cálcio (Ca) e 13–17% de enxofre (S), foi em cobertura sem incorporação.

Aos 70 d.a.e. foram coletadas 10 folhas do algodoeiro por parcela, sendo a quinta folha do ápice para baixo completamente expandida. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft e posteriormente levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ara  $65^{\circ}\text{C}$ , para análise e determinação dos teores de macronutrientes. A determinação dos macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) foi feita através da digestão nítrico-perclórica. O nitrogênio foi submetido à digestão sulfúrica, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F ao nível de significância de 5%, utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000). O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2000). Para os resultados significativos, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados obtidos na análise nutricional de folhas de algodoeiro para macronutrientes no ano agrícola de 2014/15 foi verificada significância para as interações entre níquel e gesso para os teores de Ca (**Tabela 2**). Foi evidenciado efeito significativo nos dados obtidos para enxofre tanto em doses de níquel quanto para doses de gesso. Para doses de níquel observou-se um ajuste quadrático positivo vislumbrando um ponto de máximo entre na dose de  $9,4 \text{ Kg ha}^{-1}$  de níquel, indicando que doses de níquel de 12 e  $16 \text{ Kg ha}^{-1}$  podem prejudicar o acúmulo de enxofre em folhas de algodoeiro.

A ocorrência de um aporte excessivo de enxofre no solo pode ter impossibilitado a absorção equilibrada de nutrientes visto que, além da fonte de enxofre aplicada via gesso agrícola, ainda foi fornecida fonte extra de enxofre através do sulfato de níquel. Os tratamentos com maior concentração de Ni, a presença de enxofre em excesso pode ter



causado a variação avaliada. Para gesso foi possível estabelecer significância para as duas equações avaliadas de modo que o ajuste linear oferece melhor explicação para o comportamento dos dados. O ajuste linear revela que a medida que se aumenta a dose do gesso aplicado, aumentam-se também os teores de enxofre foliar, por consequência da disponibilidade do nutriente em maiores quantidades.

A interação entre doses de níquel e gesso para o acúmulo de Ca revelou significância apenas para o desdobramento de doses de níquel dentro de cada nível de gesso nas doses de 6 e 16 Kg ha<sup>-1</sup> de níquel (**Tabela 3**). Quando as plantas receberam o tratamento na concentração de 6 Kg ha<sup>-1</sup> de níquel foi observado um ajuste quadrático positivo com ponto de máximo próximo da dose de 377,8 Kg ha<sup>-1</sup>. A dose de 16 Kg ha<sup>-1</sup> provocou um efeito linear negativo de modo que o aumento nas doses de gesso até 800 Kg ha<sup>-1</sup> ocasionou a diminuição do acúmulo de cálcio nas folhas de algodoeiro. O níquel, por ser um cátion com a mesma valência do cálcio pode ter exercido inibição competitiva ao cálcio. Quando se tem uma dose menor de Ni (6 kg ha<sup>-1</sup>) se observa um ponto máximo de acúmulo de cálcio com a dose de 377,8 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, em contrapartida, uma dose maior de Ni (16 kg ha<sup>-1</sup>) associada com o aumento na dose de gesso (800 Kg ha<sup>-1</sup>) faz reduzir o acúmulo de cálcio, efeito resultante da competição entre os cátions no solo.

### CONCLUSÕES

O fornecimento de gesso até 800 kg ha<sup>-1</sup> interfere na absorção de Ni, verifica-se um antagonismo entre cálcio e níquel. O fornecimento de níquel via solo não interfere na absorção de nutrientes com exceção do cálcio. O cálcio exerce antagonismo em relação ao manganês.

### AGRADECIMENTOS

A **CAPES** pelo apoio financeiro concedido, através de bolsas de estudo.

### REFERÊNCIAS

BROWN, P. H.; WELCH, R. M.; CARY, E. E. Nickel: a micronutrient essential for higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 85, n. 3, p. 501-803, 1987.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2015/16 de grãos, 2001 a 2016 de café, 2005/06 a 2016/17 de cana-de-açúcar**. Brasília-DF: Conab, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>>. Acesso em: 14 maio 2017.

DECHEN A.R.; NACTTIGALL, G.R. **III Elementos requeridos à nutrição de plantas**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 91-132p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258. Disponível em: [www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm](http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm).

SILVA, N. M.; RAIJ, B. van. **Fibrosas**. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. cap.16, p.107-111. (Boletim Técnico, 100).

VITTI, C. G.; LUZ, P. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. 104 p.

**Tabela 1.** Características químicas do solo da área experimental, no ano agrícola 2014/15, no município de Selvíria-MS.

Ano	M.O	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V (%)
	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
0-20	21	5,3	22	3,9	21	15	31	0	70,9	56
20-40	18	5,1	10	2,1	16	12	31	0	61,1	49

**Tabela 2.** Valor de p>F, médias e testes de Regressão para teor de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup> de Matéria seca) em função de doses de níquel (Ni) e doses de gesso (G). Selvíria-MS, safra 2014/15.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	p>F					
Doses Ni (Ni)	0,20	0,54	0,75	0,24	0,51	0,024*
Doses gesso (G)	0,92	0,53	0,87	0,29	0,21	0,002*
Ni*G	0,34	0,99	0,63	0,047*	0,28	0,55
Media	43,58	2,74	14,02	25,59	6,95	9,56
CV (%)	23,06	10,45	18,79	20,50	19,35	38,50
	Doses de Ni					
0	45,79	2,78	14,39	23,78	6,92	7,33
1	37,82	2,77	13,58	24,55	6,98	7,33
2	47,41	2,78	14,26	27,46	7,23	11,32
6	46,11	2,83	14,76	27,61	7,32	11,18
12	42,89	2,63	13,89	26,39	6,95	10,01
16	41,49	2,67	13,24	23,72	6,29	10,22
p>F linear	0,56	0,12	0,391	0,812	0,18	0,091
p>F quad.	0,365	0,707	0,329	0,022	0,129	0,041*
R <sup>2</sup> linear	4,55	60,54	27,83	0,82	42,94	20,73
R <sup>2</sup> quad.	15,57	63,99	63,88	80,66	98,2	51,34 <sup>(1)</sup>
	Doses de Gesso					
0	43,86	2,91	13,93	25,21	7,04	8,93
200	42,25	2,71	14,42	26,55	7,34	8,3
400	43,63	2,67	14,05	26,82	7,03	8,41
800	44,6	2,68	13,69	23,77	6,39	12,61
p>F linear	0,69	0,037	0,635	0,299	0,078	0,001*
p>F quad.	0,685	0,073	0,59	0,104	0,273	0,024*
R <sup>2</sup> linear	31,26	55,58	31,47	28,64	68,39	67,33 <sup>(2)</sup>
R <sup>2</sup> quad.	63,44	96,12	72,03	99,98	94,17	99,78
Equação	(1) Y=-0,0402x <sup>2</sup> +0,754x+7,865; (2) Y=0,0049x+7,838					

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 3.** Desdobramento da interação entre doses de níquel e gesso para teor de Ca na safra 2014/15.

Doses de Ni	Doses de gesso (Kg ha <sup>-1</sup> )				p>F linear	p>F quad	R <sup>2</sup> linear	R <sup>2</sup> quad
	0,00	200,00	400,00	800,00				
0,00	26,84	25,10	21,96	21,23	0,17	0,64	85,86	95,86
1,00	23,57	23,65	23,06	27,93	0,29	0,50	68,65	96,19
2,00	22,25	29,66	29,55	28,39	0,27	0,13	31,29	88,60
6,00	26,04	26,41	37,83	20,16	0,24	0,002*	7,77	69,89 <sup>(1)</sup>
12,00	24,22	28,80	27,43	25,13	0,95	0,30	0,29	76,87
16,00	28,33	25,70	21,08	19,78	0,038*	0,50	87,24 <sup>(2)</sup>	96,31
p>F lin.	0,42	0,72	0,70	0,31				
p>F quad.	0,48	0,41	0,90	0,52				
R <sup>2</sup> linear	23,22	4,51	0,65	42,89				
R <sup>2</sup> quad.	40,83	27,94	29,04	60,32				
Equação	(1) Y = -0,00007x <sup>2</sup> + 0,0529x + 24,03 (2) Y = -0,0109x + 27,54							

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.