

## 6. LITERATURA CITADA

1. ARANTES, N. E. & NOGUEIRA, P. R. *Recomendação de cultivares de soja para Minas Gerais: genealogia, descrição e comportamento*. Uberaba, FUNAP, 1989. 38 p.
2. BLAZICH, F. A. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In: DUBLEY, T. R. (ed.). *Adventitious root formation in cuttings*. Portland, Dioscorides Press, 1988. v. 2. p.132-149.
3. CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. *J. Agric. Food Chem.*, 23:458-460, 1975.
4. HANSEN, J. Stock plant lighting and adventitious root formation. In: JACKSON, M. D. (ed.). *New root formation in plants an cuttings*. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1987. p. 141-190.
5. HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DUBLEY, T. R. (ed.). *Adventitious root formation in cuttings*. Portland, Dioscorides Press, 1988. v. 2. p. 11-28.
6. HARTMANN, H. T. & KERSTER, D. F. *Plant propagation*. New Jersey, Prentice-Hall, 1975. 662 p.
7. JANICK, J. A. *Ciência da Horticultura*. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1966, 485 p.
8. PASQUALETO, A.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. S.; ROCHA, V. S. & MOSQUIM, P. R. Enraizamento de estacas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill): I. Composição química e características físicas. *Rev. Ceres*, 43:120-125, 1996.
9. ROBBINS, J. A.; KAVYS, S. J. & DIRR, M. A. Enhanced rooting of wounded mung bean cuttings by wounding and ethephon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108:325-329, 1983.
10. SIMÃO, S. *Manual de Fruticultura*. 7ª ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1971. 530 p.
11. SPEHAR, C. R. & GALWEY, N. W. Clonal propagation of F1 hybrids as tool in genetics studies of the soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Emphytica*, 47:21-23, 1990.
12. TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Plant Physiology*. Los Angeles, The Benjamin/Cummings, 1991. 559p.
13. TREWAVAS, A. L. Growth substance sensitivity: the limiting factor in plant development. *Physiol. Plant.*, 55:60-72, 1982.
14. Van STADEN, J. & HARTY, A. R. Cytokinins and adventitious root formation. In: DUBLEY, T. R. (ed.). *Adventitious root formation in cuttings*. Portland, Dioscorides Press, 1988. v. 2. p.185-201.
15. Van OVERBEEK, J.; GORDON, S. A. & GREGORY, L. E. An analysis of the function of leaf in the process of root formation in cuttings. *Amer. J. Bot.* 33:100-107, 1946.
16. VEJERSKOV, B. Relations between carbohydrates and adventitious root formation. In: DUBLEY, T. R. (ed.). *Adventitious root formation in cuttings*. Portland, Dioscorides Press, 1988. v. 2. p. 70-78.

## EFEITO DA OMISSÃO DE FÓSFORO NA ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO POR HÍBRIDOS DE MILHO (*Zea mays*, L.)<sup>1</sup>

Vera Maria Carvalho Alves<sup>2</sup>  
 Roberto Ferreira de Novais<sup>3</sup>  
 Marcos F. Godoy Oliveira<sup>4</sup>  
 Natran Felix de Barros<sup>3</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

O fósforo inorgânico (Pi) desempenha várias funções essenciais no metabolismo das células: está envolvido na maioria das transferências de energia metabólica, age como intermediário na síntese de numerosos metabólitos e moléculas complexas (fosfolipídios, DNA, RNA etc.); e pode regular a taxa de diversas reações enzimáticas e processos metabólicos, como respiração, glicólise, fotossíntese e degradação de amido (5). Conseqüentemente, o fósforo influencia ou é influenciado pela disponibilidade ou utilização de diversos outros elementos.

Existem numerosos pontos de interação entre processos metabólicos dependentes de fósforo e de nitrogênio. Entretanto, a interação destes dois elementos ainda tem sido pouco estudada.

Resultados experimentais indicam que deficiência de fósforo limita a absorção de nitrogênio em algumas culturas e reduz a absorção de nitrato

<sup>1</sup> Parte da tese de doutorado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa. Aceito para publicação em 15.09.1995.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA, Caixa Postal 151. 35701-970 Sete Lagoas, MG.

<sup>3</sup> Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.

to em *Hordeum vulgare* (4,8), em fumo (7) e em soja (6) e a de amônio na alga *Cyanidium caldarium* (9), dentre outros.

Segundo RUFFY JR. *et alii* (6,7), a redução da absorção de nitrogênio por plantas deficientes em fósforo pode ser consequência de vários fatores associados com a condição de estresse de fósforo. Uma possibilidade seria a redução na disponibilidade de energia (ATP) requerida para a absorção ativa de nitrato através da plasmalema das células radiculares. Outra possibilidade envolveria a regulação da absorção de nitrato. De acordo com LEE *et alii* (4), a taxa de absorção de nitrogênio é continuamente regulada pelo *status* de nitrogênio na planta, mas ainda não está totalmente esclarecido como este mecanismo funciona. Além disso, a absorção de nitrogênio pode ser fortemente influenciada por aminoácidos ligados à rota de assimilação de nitrogênio. Após tratamentos que elevavam a concentração celular de glutamina e, ou, de asparagina, a absorção líquida de nitrogênio foi suprimida em plantas de milho (4). RUFFY JR. *et alii* (6,7) verificaram, em fumo e em soja, que a deficiência de fósforo provocou acumulação substancial de aminoácidos livres na parte aérea e redução na translocação de nitrato das raízes para a parte aérea. Em soja também verificaram redução na concentração de ATP. Eles sugeriram que a diminuição da absorção de nitrato em plantas com baixo *status* de fósforo pode ser causada por um controle *feedback* negativo e pela limitada disponibilidade de ATP.

O objetivo deste experimento foi o de se verificar o efeito de períodos crescentes de omissão de fósforo, na solução nutritiva, na absorção de nitrogênio em milho.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de quatro híbridos de milho (Br 201, que apresenta boa adaptação a solos ácidos, pobres em fósforo, destacando-se em anos de precipitação pluvial irregular - H1; um híbrido duplo comercial - H2; um híbrido duplo experimental, proveniente do CNPMS, exigente em nitrogênio - H3; e um híbrido simples precoce comercial - H4) foram germinadas em rolos de papel-toalha, colocados em vasos contendo água desionizada, continuamente arejada, em casa de vegetação. Após a emergência, o endosperma das sementes foi retirado e as plântulas, selecionadas quanto à uniformidade, foram transplantadas para recipientes de plástico contendo 13,5 litros de solução nutritiva de Steinberg, pH 5,5, modificada por FOY *et alii* (2). O fósforo foi adicionado na forma de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , na dose 0,1 mM. Cada híbrido foi colocado em recipiente individual contendo 24 plantas. A solução foi trocada a cada dois dias e a aeração mantida cons-

stante.

Doze dias após o transplantio, as plantas foram transferidas, em número de duas, para vasos de cinco litros, contendo a mesma solução, porém sem fósforo. Nesse mesmo dia (tempo zero) e aos dois, quatro, seis e 10 dias após, as plantas foram colhidas para a determinação dos teores de nitrogênio total e matéria seca. O tratamento-controle (solução nutritiva completa) foi mantido durante todo o período experimental.

As plantas coletadas foram divididas em folhas, colmos e raízes. O material vegetal colhido foi secado em estufa de ventilação forçada a 70°C até peso constante, determinando-se, em seguida, os pesos de matéria seca. Após moagem, amostras de 100 mg de material vegetal seco foram mineralizadas por digestão sulfúrica, determinando-se a concentração de nitrogênio total colorimetricamente, utilizando-se Reagente de Nessler (3). A dosagem de nitrato foi realizada segundo metodologia descrita por CATALDO *et alii* (1).

O experimento consistiu em fatorial de 4 x 5 (quatro híbridos e cinco períodos de omissão de fósforo), em blocos casualizados, com três repetições. Foram efetuadas análises de variância e de regressão. Selecionaram-se os modelos em que os coeficientes apresentaram nível de significância menor ou igual a 10% (<sup>0</sup>), 5% (\*) ou 1% (\*\*) de probabilidade e R<sup>2</sup> mais elevado.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A omissão de fósforo por 10 dias ocasionou redução semelhante entre os híbridos na taxa de crescimento relativo das folhas (25% a 30%) e dos colmos (12% a 15%), em comparação com o tratamento-testemunha, em que não houve omissão deste elemento no mesmo período (Quadro 1). Entretanto, no sistema radicular, a redução foi de apenas 4% no híbrido 1 e de 11% a 13% nos demais.

Os teores de nitrogênio total e de nitrato na folha, no tempo zero de omissão de fósforo, foram semelhantes entre os quatro híbridos estudados (média de 4,91% e 0,23%, respectivamente).

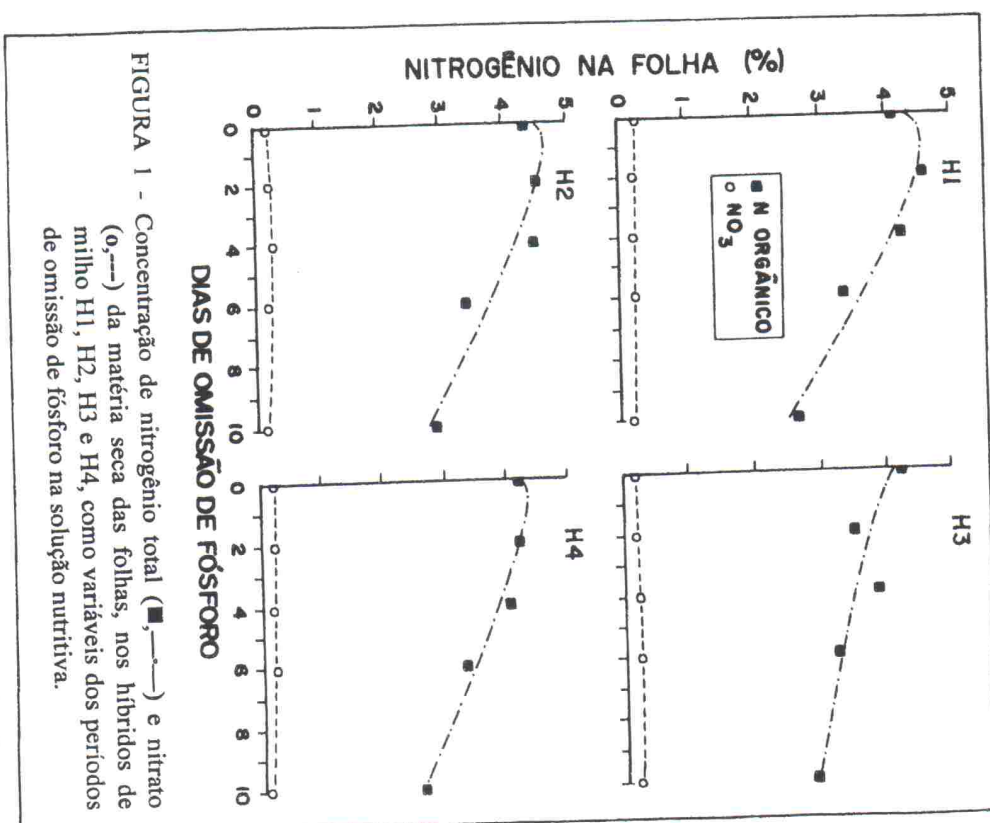
Houve redução (34% a 38%) dos teores de nitrogênio total na folha com o aumento do período de omissão de fósforo nos quatro híbridos (Figura 1). Os teores de nitrato permaneceram mais ou menos constantes durante o mesmo período.

No colmo e nas raízes não houve material vegetal suficiente para a análise dos teores de nitrogênio total e de nitrato no tempo zero, o que só ocorreu a partir do segundo dia de omissão de fósforo. Os colmos e as raízes apresentaram maiores teores de nitrato que as folhas (Figuras 2 e 3).

QUADRO 1 - Taxa média de crescimento relativo das folhas, dos colmos e das raízes das plantas dos quatro híbridos estudados, no tratamento-testemunha, em que não houve omissão de fósforo, e após 10 dias de omissão deste elemento\*

Híbridos	Taxa de crescimento relativo					
	Folha		Colmo		Raiz	
	Sem omissão	Com omissão	Sem omissão	Com omissão	Sem omissão	Com omissão
	mg.mg <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>					
H1	0,198Aa	0,138Ab	0,206Aa	0,178Ab	0,193Ba	0,185Aa
H2	0,195Aa	0,143Ab	0,205Aa	0,179Ab	0,198Ba	0,172Bb
H3	0,186Aa	0,140Ab	0,205Aa	0,174Ab	0,215Aa	0,186Ab
H4	0,156Ba	0,114Bb	0,165Ba	0,145Bb	0,169Ca	0,150Cb

\* Médias na mesma linha ou coluna, seguidas pelas mesmas letras minúsculas ou maiúsculas, respectivamente, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



Nestes órgãos, ocorreu redução dos teores de nitrogênio total e de nitrato com o aumento do período de omissão de fósforo.

Na solução nutritiva utilizada, 92,7% do nitrogênio encontravam-se na forma nítrica. Como não ocorreu acúmulo de nitrato na planta com a omissão do fósforo da solução nutritiva, pode-se concluir que a deficiência de fósforo não limitou a redução do nitrato, mas, sim, a absorção de nitrogênio.

Resultados semelhantes, indicando que a deficiência de fósforo limita a absorção de nitrato, foram obtidos com *Hordeum vulgare*, fumo e

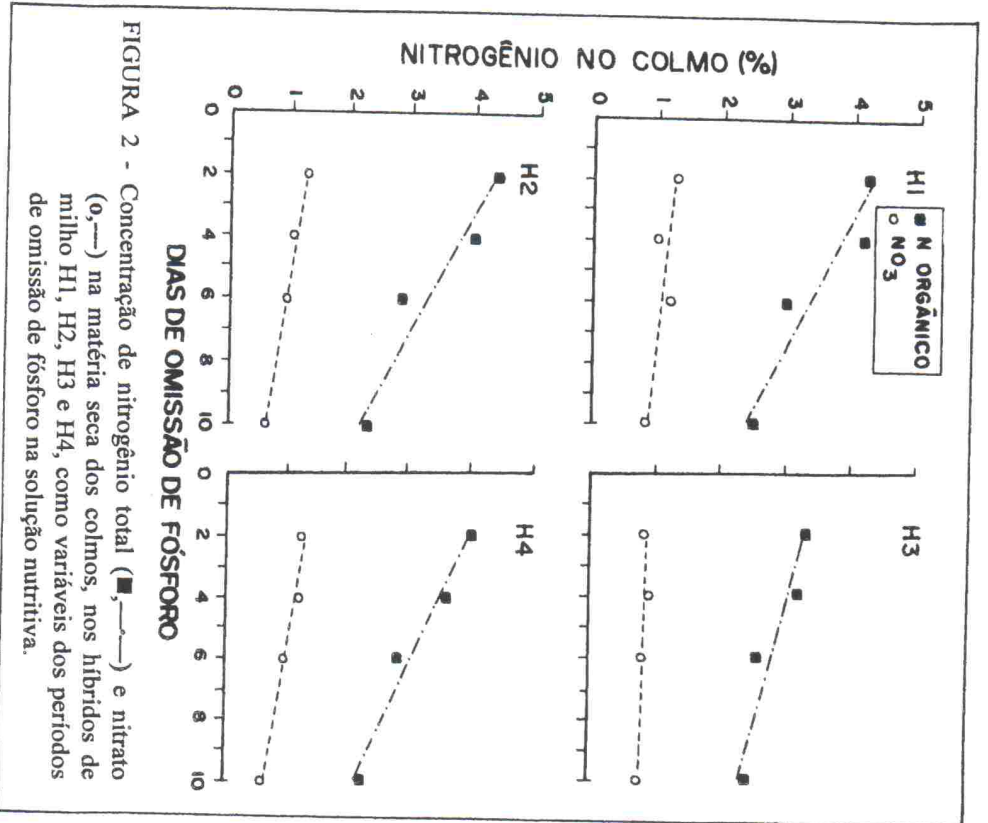


FIGURA 2 - Concentração de nitrogênio total (■, —) e nitrato (○, - - -) na matéria seca dos colmos, nos híbridos de milho H1, H2, H3 e H4, como variáveis dos períodos de omissão de fósforo na solução nutritiva.

soja (4,6,7,8). Entretanto, as razões fisiológicas dessa interação ainda não foram totalmente elucidadas.

Os resultados do presente experimento, com milho, tornam-se relevantes, considerando-se que situações de deficiência de fósforo, em maior ou menor intensidade, são comuns nos solos brasileiros. Assim, é importante a realização de novas pesquisas que possam esclarecer os diversos aspectos da interação fósforo x nitrogênio, o que contribuirá para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada.

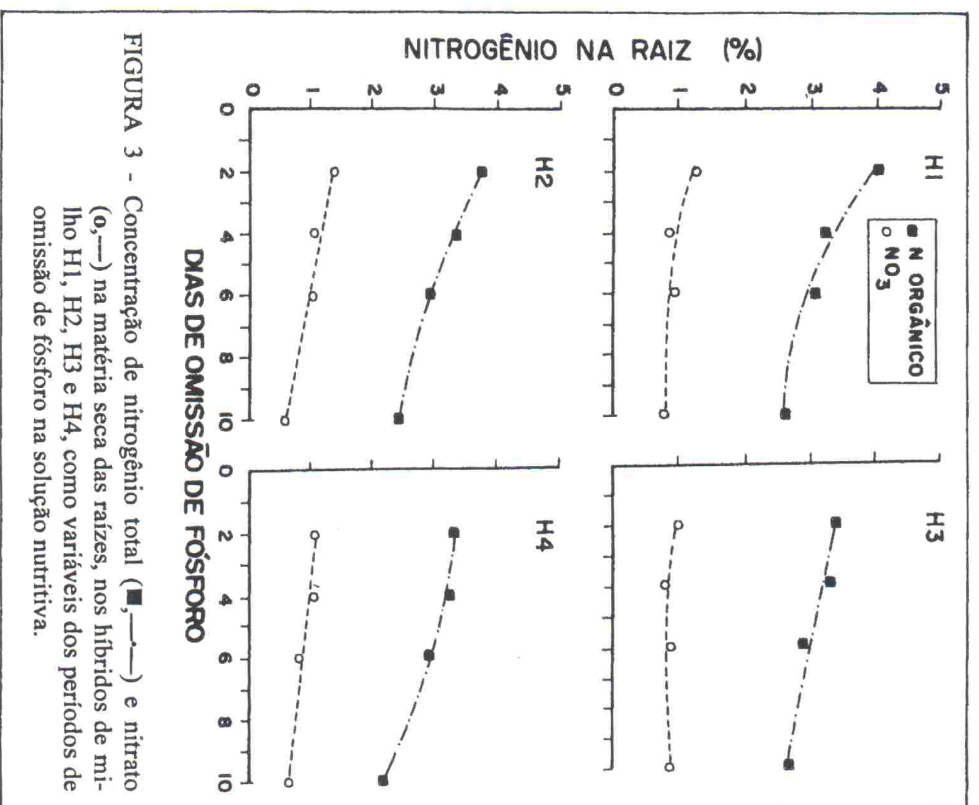


FIGURA 3 - Concentração de nitrogênio total (■, —) e nitrato (○, - - -) na matéria seca das raízes, nos híbridos de milho H1, H2, H3 e H4, como variáveis dos períodos de omissão de fósforo na solução nutritiva.

Com o objetivo de se verificar o efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio em milho, foi conduzido experimento em solução nutritiva com quatro híbridos, sendo: BR 201, um híbrido duplo comercial, um híbrido duplo experimental, proveniente do CNPMS, e um híbrido simples comercial.

Doze dias após o transplantio os híbridos foram submetidos à omissão de fósforo na solução nutritiva por 10 dias, durante os quais as

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

plantas foram colhidas no tempo zero e aos dois, quatro, seis e 10 dias e divididas em folhas, colmos e raízes para avaliação do peso de matéria seca, teor de nitrogênio total e nitrato. A omissão de fósforo reduziu os teores de nitrogênio total nas folhas e de nitrogênio total e de nitrato nos colmos e nas raízes, indicando que o estresse causado pela ausência de fósforo diminuiu a absorção de nitrogênio pelos quatro híbridos.

#### 5. SUMMARY

#### (EFFECT OF OMISSION OF PHOSPHORUS ON NITROGEN ABSORPTION IN MAIZE HYBRIDS (*Zea mays*, L.))

Twelve days after transplanting, seedlings of four maize hybrids (BR 201, an experimental double cross hybrid, a double cross commercial hybrid, and a single cross commercial hybrid) were submitted to P omission in a nutrient solution for a period of ten days. During this period, plants were collected at the 0, 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> days and separated into leaves, stalks and roots to determine the dry matter, total nitrogen and nitrate. P omission reduced total nitrogen concentration in the leaves and total nitrogen and nitrate in stems and roots. These results indicate that the stress caused by P absence reduced nitrogen absorption in all hybrids.

#### 6. LITTERATURA CITADA

- CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E. & YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 6:71-80, 1975.
- FOY, C. D.; FLEMING, A. L.; BURNS, G. P. & ARMINGER, W. H. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31:513-521, 1967.
- JOHNSON, C. M. & ULRICH, A. *Analytical methods for use in plant analysis*. Davis, University of California, Caroline Agric. Exp. Station, 1959, p. 32-33. (Bulletin, 766)
- LEE, R. B., PURVES, J. V.; RATCLIFFE, R. G. & SAKER, L. R. Nitrogen assimilation and the control of ammonium and nitrate absorption by maize roots. *J. Exp. Bot.*, 256:1385-1396, 1992.
- REBELLE, F.; BLIGNY, R.; MARTIN, J. B. & DOUCE, R. Relationship between the cytoplasm and the vacuole phosphate pool in *Acer pseudoplatanus* cells. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 225:143-148, 1983.
- RUFITY JR., T. W.; ISRAEL, D. W.; VOLK, R. J.; QIU, J. & SA, T. Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean. *J. Exper. Bot.*, 262:879-891, 1993.
- RUFITY JR., T. W.; MACROWAN, C. T. & ISRAEL, D. W. Phosphates stress effects on assimilation of nitrate. *Plant Physiol.*, 94:328-333, 1990.
- RUFITY JR., T. W.; SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. & RUTH, T. Altered influx in phosphorus limited plants. *Plant Sci.*, 76:43-48, 1991.
- VONA, V.; DI MARTINO RIGANO, V.; ESPOSITO, S.; DI MARTINO, C. & RIGANO, C. Growth photosynthesis, respiration, and intracellular free amino acid profiles in unicellular alga *Cyanidium caldarium*. Effect of nutrient limitation and resupply. *Physiol. Plant.*, 85: 652-658, 1992.