

ACÚMULO DE NITROGÊNIO E DE FÓSFORO EM PLANTAS DE MILHO AFETADAS PELO SUPRIMENTO PARCIAL DE FÓSFORO ÀS RAÍZES⁽¹⁾

V. M.C. ALVES⁽²⁾, J. V. MAGALHÃES⁽³⁾, C. A. VASCONCELLOS⁽²⁾, R. F. NOVAIS⁽⁴⁾, A. F. C. BAHIA FILHO⁽²⁾, G. E. FRANÇA⁽²⁾,
C. A. OLIVEIRA⁽⁵⁾ & C. C. M. FRANÇA⁽⁵⁾

RESUMO

Com o objetivo de estudar os efeitos do suprimento de fósforo a apenas parte do sistema radicular do milho no acúmulo de nitrogênio e de fósforo, foram realizados dois experimentos em solução nutritiva, utilizando-se a técnica de raízes subdivididas. Após sete dias de crescimento em solução nutritiva completa, plântulas de milho foram transplantadas para vasos que continham 1,6 L de solução nutritiva, sendo as raízes igualmente divididas entre os vasos. No primeiro experimento, foram testadas duas doses de P (0,02 e 0,1 mmol L⁻¹) e a localização de P e N. No segundo experimento, foram testadas duas fontes de N (nitrato e amônio) e o mesmo esquema de localização de N e de P do primeiro experimento. Houve maior acúmulo de P na parte aérea quando esse elemento foi fornecido a todo o sistema radicular, comparativamente ao seu fornecimento a apenas metade do sistema radicular. A porção do sistema radicular que recebeu P não foi capaz de suprir adequadamente a porção que não estava em contato com esse elemento, indicando haver problemas de ciclagem interna de P em plantas de milho. Resultados semelhantes foram observados para o N. Houve maior acúmulo de N na parte aérea, quando o P e o N foram fornecidos, conjuntamente, a todo o sistema radicular.

Termos de indexação: nitrato, amônio, absorção de fósforo, absorção de nitrogênio, raízes subdivididas.

⁽¹⁾ Trabalho financiado pela FAPEMIG. Recebido para publicação em novembro de 1997 e aprovado em janeiro de 1999.

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas (MG).

⁽³⁾ Bolsista do Programa RHAE.

⁽⁴⁾ Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽⁵⁾ Bolsista de Aperfeiçoamento do CNPq.

SUMMARY: NITROGEN ACCUMULATION IN MAIZE AFFECTED BY PARTIAL SUPPLY OF PHOSPHORUS TO THE ROOTS

Two split root trials were carried out in nutrient solution to evaluate nitrogen accumulation as a function of phosphorus supply applied in partial contact to maize roots. After a seven day growth period in complete nutrient solution, maize seedlings were transplanted to joint pots containing 1.6 L of nutrient solution. Roots were equally shared between the pots. In the first trial, two phosphorus levels (0.02 mmol L⁻¹ and 0.1 mmol L⁻¹) and phosphorus and nitrogen placement were evaluated. In the second trial, two nitrogen sources (nitrate and ammonium) and the same nitrogen and phosphorus placement design adopted in the first trial were assessed. There was a greater phosphorus accumulation in the shoots as a consequence of phosphorus supplied to the whole root system as compared to just half of it. Phosphorus supplied to part of the root system did not properly provide this nutrient to the other part, a fact which raises the possibility of inner phosphorus cycling problems in maize plants. These results were verified for nitrogen as well. When jointly supplied to the whole root system, nitrogen and phosphorus caused greater accumulation of nitrogen in the shoots.

Index terms: nitrate, ammonium, phosphorus uptake, nitrogen uptake, split root.

INTRODUÇÃO

A aplicação localizada de fósforo tem a vantagem de reduzir temporariamente sua sorção pelo solo; entretanto, tem a desvantagem de reduzir o volume de raízes em contato com o P.

Diversos trabalhos têm demonstrado que o suprimento de P a apenas parte do sistema radicular do milho resulta em menor produção de matéria seca e menores concentrações de P na parte aérea (Jungk & Barber, 1974; Anghinoni & Barber, 1980; Novais et al., 1985) e nas raízes sem contato com este elemento (Castilhos & Anghioni, 1988).

Em condições de deficiência de P, vários são os efeitos provocados no metabolismo das plantas, sendo pronunciados aqueles relativos ao N. Alves et al. (1996) observaram redução substancial dos teores de N total em plantas de milho submetidas a períodos crescentes de omissão de P em solução nutritiva. Também em milho, Magalhães et al. (1995) verificaram que a absorção de nitrato foi extremamente sensível à omissão de P em solução nutritiva: período de omissão de dois dias provocou redução de 65% da absorção de nitrato em relação à testemunha; quatro dias de omissão de P resultaram em absorção quase nula de nitrato. Entretanto, embora tenha ocorrido redução na absorção de amônio com o aumento do período de omissão de P, esta não foi tão acentuada quanto a de nitrato (Magalhães, 1995).

A deficiência de P diminuiu consideravelmente a taxa de absorção de NO₃⁻ por unidade de comprimento de raiz em trigo-mouro, colza e cevada

(Schjørring, 1986). Segundo os autores, o estresse de P pode ter reduzido a assimilação de nitrato em proteínas, aumentando o teor de aminoácidos livres, causando, conseqüentemente, "feedback" negativo na absorção de nitrato (Schjørring, 1986).

Plantas de fumo, submetidas a períodos de omissão de P no meio de cultivo, apresentaram diminuição acentuada na absorção e na redução de nitrato (Ruffy Jr. et al., 1990). Houve acúmulo de nitrato nas raízes a partir do terceiro dia de estresse, enquanto, na parte aérea, somente no décimo segundo dia houve aumento no teor de nitrato.

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos do suprimento de P a apenas parte do sistema radicular no crescimento e no acúmulo de nitrogênio e de fósforo em plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos. No primeiro, estudaram-se a localização da aplicação de P e de N e as doses de P e, no segundo, a localização da aplicação de P e de N e as fontes de N.

Sementes de milho (*Zea mays*, L.) do híbrido simples, progenitor do híbrido duplo BR 201, foram germinadas em rolos de papel de germinação, colocados em vasos que continham água destilada, sob arejamento contínuo, em casa de vegetação da Embrapa Milho e Sorgo, município de Sete Lagoas, MG. Após a emergência, as plântulas foram selecionadas quanto à uniformidade e transplantadas

para bandejas de plástico, em número de trinta por recipiente, com 13 L de solução nutritiva de Steinberg, a pH 5,5, modificada por Foy et al. (1967). A aeração foi mantida constante e a solução renovada a cada dois dias.

Sete dias após o transplântio, as plantas foram transferidas, duas por recipiente, para vasos geminados que continham 1,6 L da mesma solução nutritiva. As raízes foram divididas igualmente entre os vasos, sendo a raiz seminal eliminada com estilete.

Um experimento foi constituído de sete tratamentos, e o outro, de oito tratamentos (Quadro 1), ambos com três repetições, dispostos em delineamento inteiramente casualizado.

Sete dias após a aplicação dos tratamentos, procedeu-se à colheita do experimento. As plantas foram divididas em raiz e parte aérea, sendo as raízes lavadas com água destilada e secas com papel-toalha. O material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 70°C até atingir peso constante, determinando-se, em seguida, o peso de massa seca. Após moagem, a amostra do material vegetal foi mineralizada por digestão nítrico-perclórica, procedendo-se à dosagem de P, K, Ca e Mg por espectrometria de emissão de plasma. O N foi determinado, após digestão sulfúrica do material vegetal, pelo método do fenol/hipoclorito (Zagatto et al., 1981).

Quadro 1. Tratamentos utilizados no primeiro e no segundo experimento em função da localização do P e do N

Tratamento ⁽¹⁾	Vaso 1	Vaso 2
	mmol L ⁻¹	
Primeiro experimento		
1	0,1 P + 3,71 NO ₃ ⁻	0,1 P + 3,71 NO ₃ ⁻
2	0,02 P + 3,71 NO ₃ ⁻	0,02 P + 3,71 NO ₃ ⁻
3	0,2 P	7,42 NO ₃ ⁻
4	0,04 P	7,42 NO ₃ ⁻
5	0,2 P + 3,71 NO ₃ ⁻	3,71 NO ₃ ⁻
6	0,04 P + 3,71 NO ₃ ⁻	3,71 NO ₃ ⁻
7	3,71 NO ₃ ⁻	3,71 NO ₃ ⁻
Segundo experimento		
1	0,1 P + 3,71 NO ₃ ⁻	0,1 P + 3,71 NO ₃ ⁻
2	0,2 P	7,42 NO ₃ ⁻
3	0,2 P + 3,71 NO ₃ ⁻	3,71 NO ₃ ⁻
4	0,2 P + 7,42 NO ₃ ⁻	-
5	0,1 P + 3,71 NH ₄ ⁺	0,1 P + 3,71 NH ₄ ⁺
6	0,2 P	7,42 NH ₄ ⁺
7	0,2 P + 3,71 NH ₄ ⁺	3,71 NH ₄ ⁺
8	0,2 P + 7,42 NH ₄ ⁺	-

⁽¹⁾ Com exceção do P e do N, as doses dos demais nutrientes da solução nutritiva foram as mesmas em todos os vasos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento, não houve diferença significativa na produção de massa seca da parte aérea (Quadro 2) e da raiz (Quadro 3), quando se comparou a aplicação de P em apenas um dos vasos com sua aplicação em ambos os vasos, nas duas doses de P empregadas (T1 x T3 e T2 x T4). O mesmo ocorreu no segundo experimento, para a parte aérea, tanto quando se utilizou N na forma de nitrato como na forma de amônio (Quadro 4). É possível que sete dias de tratamento não tenham sido suficientes para que a redução na absorção de nutrientes afetasse a produção de matéria seca da parte aérea.

No segundo experimento, houve diferença significativa entre os tratamentos na produção de matéria seca do sistema radicular (Quadro 5). Entretanto, essa diferença não foi consistente com os tratamentos aplicados, provavelmente porque, nos tratamentos em que a fonte de N foi amônio, houve toxidez, razão por que as raízes apresentaram-se curtas e grossas.

A diminuição da dose de P na solução nutritiva, de 0,10 para 0,02 mmol L⁻¹, reduziu o conteúdo de P e de N e a produção de matéria seca da parte aérea no primeiro experimento (Quadros 2 e 3). No sistema radicular, houve diferença apenas no conteúdo de N. Segundo Clarkson (1985), quando alguns nutrientes limitam o crescimento das plantas, principalmente P e N, as raízes tornam-se drenos mais fortes para fotoassimilados do que a parte aérea. Ocorreria, então, redução no crescimento da parte aérea, antes que as raízes fossem afetadas.

A aplicação de P em apenas um dos vasos do conjunto, comparativamente à sua aplicação nos dois vasos, reduziu o acúmulo deste elemento na parte aérea, em ambos os experimentos (Quadros 2 e 4), embora, no primeiro experimento, na dose de 0,02 mmol L⁻¹ de P, a diferença não tenha sido significativa. Resultados semelhantes têm sido encontrados na literatura (Novais et al., 1985; Castilhos & Anghinoni, 1988), indicando que, para o milho, o P deve estar em contato com o maior volume de raízes para que haja a absorção deste elemento.

A porção do sistema radicular em contato com P não foi capaz de suprir adequadamente a porção que não estava em contato com tal elemento (Quadros 2 e 5), indicando haver limitações na ciclagem interna de P na planta. Segundo Stryker et al. (1974a, b), tais resultados têm sido atribuídos a problemas de transporte de P na planta, como conseqüência da organização vascular das raízes e da parte aérea do milho, o que, aparentemente, não ocorre em soja (Machado et al., 1983).

Houve maior acúmulo de P na parte aérea quando o P foi fornecido juntamente com o N no mesmo vaso (Quadro 4). Diversos trabalhos têm mostrado o efeito benéfico do suprimento de N na absorção de P.

Quadro 2. Peso da massa seca e conteúdo de P, N, K, Ca e Mg na parte aérea do milho nos tratamentos do primeiro experimento

Tratamento	Vaso 1	Vaso 2	MS	P	N	K	Ca	Mg
	mmol L ⁻¹							
1	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	6,35 a	27,47 a	222,21 a	231,77 a	31,39 a	9,53 a
2	0,02P + 3,71NO ₃ ⁻	0,02P + 3,71NO ₃ ⁻	5,20 bcd	9,51 c	152,92 cd	170,11 b	22,11 bcd	6,73 bc
3	0,2P	7,42NO ₃ ⁻	5,84 abc	17,29 b	161,08 c	166,91 b	25,42 b	7,57 b
4	0,04P	7,42NO ₃ ⁻	5,02 cd	7,70 c	116,83 e	149,85 b	20,60 cde	6,53 bc
5	0,2P + 3,71NO ₃ ⁻	3,71NO ₃ ⁻	5,93 ab	18,61 b	197,90 b	153,57 b	24,90 bc	7,51 b
6	0,04P + 3,71NO ₃ ⁻	3,71NO ₃ ⁻	4,84 d	8,05 c	132,52 de	138,52 b	19,78 de	6,28 cd
7	3,71NO ₃ ⁻	3,71NO ₃ ⁻	3,29 e	2,95 d	86,43 f	103,35 c	16,98 e	5,36 d
C.V. (%)			8,57	13,05	7,90	11,39	10,94	8,63

Valores seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

Quadro 3. Peso da massa seca e conteúdo de P, N, K, Ca e Mg no sistema radicular do milho nos tratamentos do primeiro experimento⁽¹⁾

Tratamento	Vaso 1	Vaso 2	MS	P	N	K	Ca	Mg
	mmol L ⁻¹							
1	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	0,84 a	4,63 a	27,41 a	22,49 b	4,90 a	2,65 a
2	0,02P + 3,71NO ₃ ⁻	0,02P + 3,71NO ₃ ⁻	0,84 a	2,92 bc	22,08 abcd	21,86 b	2,39 cd	0,77 c
3	0,2P	-	0,85 a	4,52 a	15,82 d	27,44 ab	3,66 abc	1,97 ab
3	-	7,42NO ₃ ⁻	0,77 a	2,15 cd	24,37 abc	21,01 b	2,55 bcd	0,83 c
4	0,04P	-	0,96 a	3,42 b	17,21 cd	33,94 a	3,22 bcd	1,47 bc
4	-	7,42NO ₃ ⁻	0,81 a	1,41 de	20,27 abcd	21,49 b	1,97 d	0,52 c
5	0,2P + 3,71NO ₃ ⁻	-	0,82 a	5,45 a	26,34 ab	21,80 b	3,96 ab	1,96 ab
5	-	3,71NO ₃ ⁻	0,73 a	2,05 cd	23,41 abc	28,34 ab	3,21 bcd	1,43 bc
6	0,04P + 3,71NO ₃ ⁻	-	0,68 a	3,15 bc	19,42 bcd	19,93 b	2,04 d	0,79 c
6	-	3,71NO ₃ ⁻	0,81 a	1,44 de	22,07 abcd	26,52 ab	2,16 cd	0,60 c
7	3,71NO ₃ ⁻	3,71NO ₃ ⁻	0,70 a	0,84 e	15,05 d	21,90 b	1,92 d	0,55 c
C.V. (%)			19,28	21,62	18,58	22,09	27,68	40,16

⁽¹⁾ Quando o tratamento foi o mesmo, em ambos os vasos, considerou-se a média dos dois vasos. Valores seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

embora haja controvérsias sobre o mecanismo responsável por esse fato (Cole et al., 1963; Thien & McFee, 1970; Vale et al., 1984; Biswas et al., 1995).

O fornecimento de N, na forma de amônio, reduziu o acúmulo de P na parte aérea, exceto quando se compara o tratamento 2 com o tratamento 6 (Quadro 4). Entretanto, Cole et al. (1963), Thien & McFee (1970) e Vale et al. (1984) não observaram diferença entre N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ quanto à eficiência em promover acúmulo de P em plantas de milho. Assim, é provável que os resultados obtidos no segundo experimento sejam consequência da toxidez observada nos tratamentos em que se forneceu N na forma de amônio, (raízes curtas e grossas). Toxidez

de amônio, quando esta é a única fonte de N, tem sido atribuída à acidificação da rizosfera, acúmulo de NH₄⁺ livre nos tecidos das plantas e inibição da absorção de cátions, como K, Ca e Mg (Marschner 1986; Tolley-Henry & Raper Jr., 1986; Topa & Jackson, 1988; Jackson & Volk, 1995). No presente trabalho, verificou-se redução no acúmulo de Ca e K na parte aérea e raiz e de Mg nas raízes das plantas supridas com amônio em relação às supridas com nitrato (Quadros 4 e 5).

No primeiro experimento, a acumulação de N na parte aérea das plantas foi maior quando o P e o N foram fornecidos juntos a todo o sistema radicular (Quadro 2), o mesmo ocorrendo no segundo

experimento, quando o N foi fornecido na forma de nitrato (Quadro 4). Quando o N foi fornecido na forma de amônio, os tratamentos em que o P foi fornecido juntamente com o N à metade do sistema radicular não diferiram, com relação ao acúmulo de N, do tratamento em que ambos os elementos foram fornecidos a todo o sistema radicular, havendo diferença significativa apenas quando o P e o N foram fornecidos em vasos separados (tratamento 6) (Quadro 4).

Observou-se menor conteúdo de N nas raízes nos tratamentos em que não houve aplicação deste elemento (Quadros 3 e 5), comparativamente às raízes onde o N foi adicionado como nitrato. Isto demonstra que, à semelhança do P, apenas uma parte do sistema radicular em contato com o N não é capaz de suprir a outra parte do sistema radicular adequadamente, embora no caso do N esse efeito tenha sido menos acentuado. É provável que isto possa também ser consequência da organização

Quadro 4. Peso da massa seca e conteúdo de P, N, K, Ca e Mg na parte aérea do milho nos tratamentos do segundo experimento

Tratamento	Vaso		MS	P	N	K	Ca	Mg
	Vaso 1	Vaso 2						
	mmol L ⁻¹		g/vaso	mg/vaso				
1	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	4,72 a	34,88 a	159,43 a	296,80 a	38,78 a	11,77 a
2	0,2P	7,42NO ₃ ⁻	4,49 a	19,26 c	129,47 b	264,47 a	29,84 b	12,89 a
3	0,2P + 3,71NO ₃ ⁻	3,71NO ₃ ⁻	4,70 a	26,92 b	143,81 b	297,63 a	36,61 a	10,98 a
4	0,2P + 7,42NO ₃ ⁻	-	4,79 a	28,72 b	140,38 b	275,18 a	35,73 a	13,65 a
5	0,1P + 3,71NH ₄ ⁺	0,1P + 3,71NH ₄ ⁺	4,45 a	26,19 b	129,65 b	159,62 b	12,15 c	11,87 a
6	0,2P	7,42NH ₄ ⁺	4,55 a	20,48 c	110,86 c	190,39 b	15,48 c	13,65 a
7	0,2P + 3,71NH ₄ ⁺	3,71NH ₄ ⁺	4,34 a	17,29 c	124,01 b	145,50 b	10,57 c	10,84 a
8	0,2P + 7,42NH ₄ ⁺	-	4,33 a	18,65 c	121,67 b	172,19 b	14,81 c	12,60 a
C.V. (%)			14,18	10,22	10,49	14,47	12,92	12,63

Valores seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

Quadro 5. Peso da massa seca e conteúdo de P, N, K, Ca e Mg no sistema radicular do milho nos tratamentos do segundo experimento⁽¹⁾

Tratamento	Vaso		MS	P	N	K	Ca	Mg
	Vaso 1	Vaso 2						
	mmol L ⁻¹		g/vaso	mg/vaso				
1	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	0,1P + 3,71NO ₃ ⁻	0,70 abcd	3,88 ab	18,48 abc	32,98 ab	4,95 b	2,88 bc
2	0,2P	-	0,56 cde	3,04 bc	9,00 e	26,28 bcd	1,07 d	1,57 de
2	-	7,42NO ₃ ⁻	0,88 a	2,34 cd	22,86 a	35,00 a	7,06 a	4,27 a
3	0,2P + 3,71NO ₃ ⁻	-	0,67 bcde	4,48 a	17,90 abc	34,15 ab	4,24 b	2,76 bc
3	-	3,71NO ₃ ⁻	0,65 bcde	1,83 d	15,36 cd	32,85 ab	3,60 c	1,97 cd
4	0,2P + 7,42NO ₃ ⁻	-	0,75 abc	4,67 a	21,27 ab	29,70 abc	5,50 b	3,28 b
4	-	-	0,54 de	1,53 d	11,36 de	23,90 cde	0,96 d	1,16 de
5	0,1P + 3,71NH ₄ ⁺	0,1P + 3,71NH ₄ ⁺	0,52 de	3,10 bc	16,00 bcd	16,01 f	0,67 d	0,93 e
6	0,2P	-	0,76 ab	4,64 a	15,26 cd	28,34 abcd	1,01 d	1,44 de
6	-	7,42NH ₄ ⁺	0,50 de	1,80 d	14,54 cd	15,65 f	0,49 d	0,56 e
7	0,2P + 3,71NH ₄ ⁺	-	0,57 bcde	3,18 bc	16,52 bcd	16,36 ef	0,76 d	0,91 e
7	-	3,71NH ₄ ⁺	0,64 bcde	1,92 d	17,33 abc	21,35 def	0,65 d	0,92 e
8	0,2P + 7,42NH ₄ ⁺	-	0,49 e	3,29 bc	15,12 cd	15,55 f	0,72 d	0,92 e
8	-	-	0,60 bcde	1,86 d	14,38 cd	21,18 def	0,61 d	0,95 e
C.V. (%)			16,24	20,94	18,93	17,08	31,34	30,63

⁽¹⁾ Quando o tratamento foi o mesmo, em ambos os vasos, considerou-se a média dos dois vasos.

Valores seguidos da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

vascular das raízes e parte aérea do milho, como discutido anteriormente para o P.

Por outro lado, não houve diferença na acumulação de N nas raízes, entre os tratamentos em que este elemento foi fornecido junto ou separadamente do P, quando o N foi fornecido na forma de nitrato (Quadros 3 e 5). A separação espacial do P e do N determinou menor acúmulo desses elementos na parte aérea (Quadros 2 e 4), indicando que houve suprimento preferencial da raiz em relação à parte aérea.

Trabalhos têm demonstrado que a omissão de P na solução nutritiva reduz substancialmente os teores de N na parte aérea das plantas (Andreeva et al., 1992; Magalhães et al., 1995; Alves et al., 1996). Três efeitos distintos têm sido identificados, a saber: primeiro, a absorção de nitrato pelas raízes decresce; segundo, a translocação de nitrato das raízes para a parte aérea diminui, por causa da restrição do transporte do simplasma da raiz para o xilema; terceiro, a acumulação de aminoácidos aumenta, o que, geralmente, é observado em folhas e raízes (Rufty Jr. et al., 1993).

Considerando os resultados deste experimento, pode-se inferir que a redução na acumulação de N na parte aérea, quando este é fornecido separadamente do P, é devida aos baixos teores de P na raiz (dados não apresentados). Aparentemente, esta é uma das razões para a obtenção de baixas produtividades de milho em solos de cerrado de primeiro ano, pobres em P. Nestas condições, a adubação localizada no sulco de plantio levaria a um "status" de P desigual no sistema radicular, o que reduziria a absorção de N e, provavelmente, de outros nutrientes, haja vista que, embora não se tenha verificado diferença significativa no segundo experimento, no primeiro experimento houve redução na acumulação de K, Ca e Mg pela parte aérea e raízes, quando o P foi fornecido a apenas parte do sistema radicular (Quadros 2 e 3).

CONCLUSÕES

1. Houve maior acúmulo de P na parte aérea, quando este elemento foi fornecido a todo o sistema radicular, comparativamente ao seu fornecimento a apenas metade do sistema radicular.

2. A porção do sistema radicular suprida com P não foi capaz de suprir adequadamente a porção que não estava em contato com este elemento, o mesmo ocorrendo para o N.

3. Houve maior acúmulo de N na parte aérea, quando o P e o N foram fornecidos conjuntamente a todo o sistema radicular.

LITERATURA CITADA

- ALVES, V.M.C.; NOVAIS, R.F.; OLIVEIRA, M.F.G. & BARROS, N.F. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho (*Zea mays*, L.). R. Ceres, 4:435-443, 1996.
- ANDREEVA, T.F.; MAEVSKAYA, S.N. & VOEVUDSKAYA, S.Y. Interrelationship between photosynthesis and nitrogen metabolism in mustard plants under conditions of different phosphorus and nitrogen nutrition. Sov. Plant Physiol., 39:438-442, 1992.
- ANGHINONI, I. & BARBER, S.A. Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply. Agron. J., 72:685-688, 1980.
- BISWAS, D.R.; ALI, S.A. & KHERA, M.S. Nitrogen-sulphur interaction on the uptake of P, K, Zn, Cu, Fe and Mn by Gobhi sarson (*Brassica napus* L., ISN-706). J. Ind. Soc. Soil Sci., 43:280-281, 1995.
- CASTILHOS, D.D. & ANGHINONI, I. Influência do suprimento de fósforo a diferentes frações do sistema radicular sobre o comportamento do milho. R. Bras. Ci. Solo, 12:263-267, 1988.
- CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 36:77-115, 1985.
- COLE, C.V.; GRUNES, D.L.; PORTER, L.K. & OLSEN, S.R. The effects of nitrogen on short-term phosphorus absorption and translocation in corn (*Zea mays*, L.). Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27:671-674, 1963.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.P. & ARMINGER, W.H. Characterization of differential aluminium tolerance among varieties of wheat and barley. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 31:513-521, 1967.
- JUNGK, A. & BARBER, S.A. Phosphorus uptake rate of corn roots as related to the proportion of the roots exposed to phosphate. Agron. J., 66:554-557, 1974.
- JACKSON, W.A. & VOLK, R.J. Attributes of the nitrogen uptake systems of maize (*Zea mays* L.): maximal suppression by exposure to both nitrate and ammonium. New Phytol., 130:327-335, 1995.
- MACHADO, R.P.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C.S. & BORGES, A.C. Efeito da localização de doses de fósforo, em relação ao sistema radicular, sobre o comportamento de soja, com a utilização da técnica de raízes subdivididas. R. Ceres, 30:295-307, 1983.
- MAGALHÃES, J.V. Alterações na absorção e no metabolismo de nitrogênio em diferentes níveis de estresse de fósforo em plantas de milho (*Zea mays* L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 76p. (Tese de Mestrado)
- MAGALHÃES, J.V.; ALVES, V.M.C.; NOVAIS, R.F. & MOSQUIM, P.R. Absorção de nitrato por plantas de milho (*Zea mays*, L.) submetidas a períodos crescentes de omissão de fósforo na solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., Lavras, 1995. Anais. Lavras, Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, 1995. p.269.

- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Londres, Academic Press, 1986. 674p.
- NOVAIS, R.F.; FERREIRA, R.P.; NEVES, J.C.L. & BARROS, N.F. Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto a fonte de fósforo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 20:749-754, 1985.
- RUFTY Jr., T.W.; ISRAEL, D.W.; VOLK, R.J.; QIU, J. & TONGMIN, S.A. Phosphate regulation of nitrate assimilation in soybean. *J. Exp. Bot.*, 44:879-91, 1993.
- RUFTY Jr., T.W.; MacKOWN, C.T. & ISRAEL, D.W. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. *Plant Physiol.*, 94:328-33, 1990.
- SCHJØRRING, J.K. Nitrate and ammonium absorption by plants growing at a sufficient or insufficient level of phosphorus in nutrient solutions. In: LAMBERS, H., ed. *Fundamental, ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants*. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986. p.53-58.
- STRYKER, R.B.; GILLIAN, J.W. & JACKSON, W.A. Nonuniform phosphorus distribution in the root zone of corn: growth and phosphorus uptake. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38:334-340, 1974a.
- STRYKER, R.B.; GILLIAN, J.W. & JACKSON, W.A. Nonuniform transport of phosphorus from single roots to the leaves of *Zea mays*. *Physiol. Plant.*, 30:231-239, 1974b.
- THIEN, S.J. & McFEE, W.W. Influence of nitrogen on phosphorus absorption and translocation in *Zea mays*, L. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:87-90, 1970.
- TOLLEY-HENRY, L. & RAPER Jr., C.D. Utilization of ammonium as a nitrogen source. Effects of ambient acidity on growth and nitrogen accumulation by soybean. *Plant Physiol.*, 82:54-60, 1986.
- TOPA, M.A. & JACKSON, W.A. Influence of ambient ammonium on net potassium uptake by decapitated maize seedlings. *New Phytol.*, 110:135-141, 1988.
- VALE, F.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & MILAGRES, B.G. Absorção de nitrato e amônio por raízes intactas de milho pré-tratadas com alumínio. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:215-218, 1984.
- ZAGATTO, E.A.G.; JACINTHO, A.O. & REIS, B.F. *Manual de análises de plantas e águas empregando sistemas de injeção de fluxo*. Piracicaba: CENA, 1981. 20p.