

MOVIMENTO DE FÓSFORO NO SOLO E SEU MODO DE APLICAÇÃO NO TOMATEIRO RASTEIRO¹

CLEMENTINO M.B. DE FARIA² E JOSÉ RIBAMAR PEREIRA³

RESUMO - Foram realizados ensaios de laboratório para estudar o movimento de fósforo oriundo das aplicações de 150 e 300 Kg/ha de P₂O₅ em cinco solos do submédio São Francisco, acondicionados em colunas lixiviadoras, e um experimento de campo em 1989, num Latossolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa, contendo 1,7 ppm de P disponível (Mehlich), para avaliar o efeito de nível e modos de aplicação de fósforo no tomateiro rasteiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Foram estudados os níveis 60, 120 e 240 Kg/ha de P₂O₅ de duas formas diferentes, uma em que toda dose foi aplicada antes do plantio, e a outra, em que a metade da dose foi aplicada antes do plantio e a outra metade 30 dias depois. Usou-se também uma testemunha sem adição de P. No ensaio de laboratório, o fósforo movimentou-se até as camadas 4-6 cm e 6-8 cm de profundidade no solo mais argiloso com as aplicações de 150 e 300 kg/ha de P₂O₅, respectivamente, e até a última camada mais profunda, 14-16 cm, no solo mais arenoso com os dois níveis de fósforo. No experimento de campo, verificou-se uma resposta positiva do tomateiro à adubação fosfatada. A produtividade máxima esperada de 69,4 t/ha, foi obtida com 189 kg/ha de P₂O₅. O parcelamento das doses de fósforo proporcionou uma maior produtividade que a aplicação única da dose.

Termos para indexação: Lixiviação de fósforo, *Lycopersicon esculentum*, adubação, níveis de fósforo, épocas de aplicação.

PHOSPHORUS MOVEMENT IN THE SOIL AND ITS FORM OF APPLICATION ON TOMATO CROP

ABSTRACT - A laboratory experiment was carried out in order to study phosphorus movement in the soil profile with application of 150 and 300 kg/ha of P₂O₅ in soil columns, in five different soils of the submédio São Francisco river basin, Northeast Brazil. A field experiment was also carried out in 1989 in a sandy Red Yellow Latosol containing 1,7 ppm of available P (Mehlich) to evaluate the effect of different levels and methods of phosphorus application on industrial tomato crop. The levels were, 60, 120, 180 and 240 Kg/ha of P₂O₅ applied in two different ways: totally before planting, and 50% before planting and the other 50% applied 30 days after planting. A control treatment consisting of no phosphorus application was also included. The laboratory study showed that the leaching of phosphorus was up to 4-6 cm and 6-8 cm deep, in the soil with the highest clay content, respectively, for application of 150 and 300 Kg/ha of P₂O₅. Leaching was to the deepest layer (14-16 cm) in the soil with the lowest clay content, for both application levels. In the field experiment, a positive response of the tomato crop to phosphorus application was observed. The maximum expected yield of 69,4 t/ha was obtained with 189 Kg/ha of P₂O₅. The divided applied phosphorus gave a mean yield higher than that obtained from the single application.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, fertilization, Phosphorus levels.

INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento pouco móvel no solo, não sujeito a perdas por lixiviação. Por isso não se

¹ Aceito para publicação em 20 de maio de 1993.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56.300, CEP 56300-000, Petrolina, PE.

³ Eng.-Agr., Dr. EMBRAPA-CPATSA.

recomenda parcelar a dose de adubo fosfatado nas culturas anuais, mas aplicar todo fósforo antes do plantio. Agarwal (1979) verificou que o rendimento do trigo diminuiu quando o fósforo foi parcelado em metade da dose aplicada no plantio e o restante em cobertura, em relação ao fósforo aplicado em dose única no plantio. Katyal (1978) constatou que, na estação seca, todas as aplicações de fósforo após o plantio reduziram o rendimento do arroz, mas que, na estação úmida, as aplicações até um mês após o plantio não reduziram significativamente a produtividade. Patrick Junior et al. (1974) constataram que a aplicação de fósforo em fundação, na época do plantio do arroz, foi mais eficiente que as aplicações em cobertura, após o plantio. Baumgartner et al. (1983) relatam que o tomateiro respondeu positivamente à adubação fosfatada, mas não apresentou respostas significativamente diferentes quanto ao modo da aplicação de fósforo, se de uma só vez no plantio ou em aplicações no plantio e 40 dias depois.

A razão do decréscimo no rendimento das culturas, provocado pelo parcelamento da dose de fósforo, é que a dose parcelada diminui a disponibilidade de fósforo solúvel no solo, no início do desenvolvimento das plantas (Katyal, 1978). É exatamente, nesta fase que as plantas necessitam de maior disponibilidade de fósforo, pelo fato de suas raízes absorverem fosfato muito mais rapidamente que as raízes das plantas mais velhas (Barber, 1977).

Nos cultivos de olerícolas na região do submédio São Francisco, os agricultores costumam aplicar fósforo tanto na adubação de fundação, antes do plantio, que é o normal, como na adubação de cobertura, após o plantio, juntamente com nitrogênio e potássio, das fórmulas comerciais. Acreditam que o fósforo assim aplicado contribui para um maior rendimento. No caso do tomateiro rasteiro, essa suposição pode ser justificável pelo fato de essa cultura emitir raízes adventícias (Portas, 1970), que absorvem o fósforo oriundo da adubação em cobertura. Robertson et al. (1966) constataram que as raízes adventícias do milho foram eficientes na absorção de fósforo aplicado após o pendoamento. Nayakekorala & Taylor (1990) verificaram que a absorção de fósforo por unidade de comprimento das raízes do algodoeiro, da camada superior do solo (0-30 cm), foi muito maior que aquela da camada inferior (30-60 cm), nas mesmas

condições de temperatura e de umidade do solo. Silva & Magalhães (1989) constataram que a absorção de fósforo pelo tomateiro foi positivamente influenciada pela área superficial da raiz.

Quando se faz a adubação em sulco antes do plantio, o fósforo fica localizado no solo e apenas uma parte do sistema radicular da cultura entra em contato com o mesmo, o que poderá diminuir a sua absorção pela planta.

Barber (1977) verificou que, quando apenas uma parte do sistema radicular das plantas estava em contato com o fósforo, ocorreu uma compensação na absorção do elemento pela planta. A parte que estava em contato com o fósforo desenvolveu e cresceu mais do que a parte que estava isolada. Contudo, a taxa de absorção de fósforo pela planta nessa situação foi sempre inferior à taxa de absorção quando todas as raízes estavam supridas com fósforo. Castilhos & Anghinoni (1988) observaram que o suprimento de fósforo a partes do sistema radicular do milho não afetou o crescimento da planta, mas a quantidade total de fósforo encontrada na parte aérea diminuiu à medida que se reduziu a porção de raízes em contato com o fósforo. Stryker et al. (1974) verificaram que a produção máxima de matéria seca do milho ocorreu somente quando o sistema radicular inteiro estava exposto a um suprimento externo de fósforo.

A eficiência da absorção de fertilizantes fosfatados pelas plantas é influenciada pela taxa de seu movimento no solo. O fósforo só pode movimentar-se por difusão a curtas distâncias em média de 0,5 mm. Em vista disso, o fosfato do solo, que está a uma distância igual ou inferior a 0,5 mm da zona de absorção da raiz, encontra-se numa posição disponível para absorção pelas raízes (Barber, 1977). Entretanto, o movimento de fósforo é influenciado ainda pela textura do solo (Logan & McLean, 1973; Bar-Yosef & Sheikholeslami, 1976), pela quantidade de água aplicada (Logan & McLean, 1973; Ozanne et al. 1961; Sharma et al. 1985; Bar-Yosef & Sheikholeslami, 1976), pela quantidade de fósforo aplicada (Logan & McLean, 1973; Chaiwanakupt & Robertson, 1976).

Bar-Yosef & Sheikholeslami (1976) verificaram que o fósforo aplicado num solo argiloso movimentou-se no sentido horizontal até um raio de 4 ou 6 cm,

após uma ou três irrigações, respectivamente, e, no sentido vertical, até 5 ou 9 cm de profundidade.

No solo arenoso, a migração dos íons fosfatos atingiu uma distância duas vezes maior no sentido horizontal e três vezes maior no sentido vertical que no solo argiloso. Spencer (1957) verificou que 15 anos após aplicação do fósforo na camada superficial (0 a 15,24 cm) de um solo arenoso, a maior parte acumulou-se na camada de 30,48 a 91,44 cm; e, em alguns casos, foi encontrado fósforo lixiviado até uma profundidade de 213 cm. Nos solos arenosos, o movimento de fósforo é muito influenciado pelo fluxo da água (Sharma et al, 1985). Logan & McLean (1973) constataram que a maior lixiviação do fósforo ocorreu em um solo arenoso e, quanto maior a dose aplicada, maior quantidade de fósforo lixiviado. Entretanto, a percentagem de lixiviação não variou com o nível do fósforo aplicado (Ozanne et al, 1961, Logan & Mclean, 1973).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o movimento de fósforo no solo e estudar o efeito do parcelamento da sua dose nas adubações de tomateiro rasteiro irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constou de dois experimentos, um realizado em condições de laboratório e o outro em campo.

Experimento de Laboratório - Utilizou-se cinco solos do Vale do São Francisco, cujas características estão na Tabela 1. Os de Mandacaru e Salitre provieram do município de Juazeiro-BA e os demais, de Petrolina-PE. Colunas lixiviadoras foram construídas com amostras de cada solo, de PVC com 22 cm de altura e 4,7 cm de diâmetro. Colocou-se na coluna uma quantidade de solo de modo a ficar com a mesma densidade aparente do solo em suas

TABELA 1 - Algumas características dos solos estudados na camada 0 - 20 cm de profundidade.

Características ¹	Solos				
	Mandacaru	Salitre	Massangano	Bebedouro ¹	Bébedouro ²
Classificação ²	V	NC	Lv	Lv	Lv*
Areia (%)	36	56	78	80	87
Silte (%)	24	25	7	6	6
Argila (%)	40	19	15	14	7
Umid. a 0,3 bars(%)	20,77	6,11	9,04	7,70	4,20
pH (1:2,5)	7,9	7,4	5,2	5,9	5,6
C.E. (mmhos/cm)	1,6	0,6	0,4	0,7	4,4
Ca ²⁺ (meq/100ml)	29,2	5,7	0,7	1,2	1,8
Mg ²⁺ (meq/100ml)	2,4	1,7	0,7	0,8	1,3
Na ⁺ (meq/100ml)	0,06	0,02	0,01	0,11	0,66
K ⁺ (meq/100ml)	0,17	0,68	0,24	0,25	0,14
S (meq/100ml)	31,83	8,10	1,65	2,26	3,90
Al ³⁺ (meq/100ml)	0,0	0,00	0,35	0,05	0,05
CTC (meq/100ml)	31,83	8,10	4,45	3,91	4,89
P (ppm)	5,8	21,4	4,3	0,1	0,9
Adsorção máxima ³ de P (mg/g)	0,676	0,183	0,175	0,105	0,056

¹ Com exceção da adsorção máxima de P, as determinações foram feitas segundo EMBRAPA (1979).

² Segundo SUVALE (1970): V = Vertissolo; NC = Bruno não-cálcico; Lv = Latossolo Vermelho-Amarelo; Lv.* = Latossolo-Vermelho-Amarelo salinizado.

³ Determinada através da isoterma de Langmuir, segundo Fassbender (1966).

condições naturais. Na superfície de cada coluna aplicou-se fósforo, na forma de superfosfato triplo, em doses equivalentes a 0,150 e 300 Kg/ha de P_2O_5 que, com três repetições, resultaram num total de 45 colunas.

Inicialmente, após a aplicação do fósforo, foi colocada água nas colunas para atingir a capacidade de campo de cada solo. Posteriormente aplicou-se uma lâmina d' água de 52 ml/coluna, correspondente a uma chuva de 30 mm, duas vezes por semana. Após um período de 55 dias da primeira irrigação. Foram retirados os solos dos tubos por meio de pressão exercida na extremidade inferior. Em seguida, coletaram-se camadas de 2 cm de altura, começando pela parte superior e terminando com a profundidade de 14 - 16 cm. Desprezou-se o restante para evitar que uma possível deformação na estrutura do solo, provocada no momento em que foi retirado dos tubos, interferisse nos dados. Em cada camada de solo foi determinado o fósforo pelo método de Mehlich (HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N), segundo a EMPRAPA (1979).

Experimento de campo - Em 1989, no solo de Bebedouro 1 (Tabela 1), em um local com $P = 1,7$ ppm, foi instalado um experimento com o tomateiro rasteiro, (*Lycopersicon esculentum*, Mill), cv. IPA 5, obedecendo a um delineamento em blocos ao acaso, com esquema fatorial e dois tratamentos adicionais, com três repetições. O fatorial foi formado pelos níveis de fósforo 60, 120, 180 e 240 Kg/ha de P_2O_5 , sob forma de superfosfato triplo, e por duas épocas de aplicação. Na primeira época toda a dose de fósforo foi aplicada de uma única vez, no sulco, por ocasião do transplantio. Na segunda época, metade da dose foi aplicada como na primeira e o restante em cobertura, aos 30 dias após o transplantio. Os tratamentos adicionais constituíram-se de uma testemunha (sem adição de fósforo) e da aplicação na faixa de 240 Kg/ha de P_2O_5 , por ocasião do transplantio. Dessa forma, houve um total de dez tratamentos.

A área experimental recebeu uma adubação uniforme com 90 Kg/ha de N e 60 Kg/ha de K_2O , sob as formas de uréia e cloreto de potássio. Todo o potássio, junto com 40 Kg/ha de N, foi aplicado no sulco, na ocasião do transplantio, e o restante do nitrogênio foi aplicado em cobertura 30 dias depois. As parcelas tinham uma área total de 36 m² (6 x 6 m). As mudas de tomate foram transplantadas num espaçamento de 1,20 x 0,30 m. O cultivo foi realizado com

irrigação no sulco, com a frequência e a lâmina d'água aplicadas de acordo com o coeficiente da cultura (Kc) e a evaporação do tanque classe A. O controle de ervas daninhas foi feito através de capinas manuais. Os frutos foram colhidos à medida que iam amadurecendo, resultando em três colheitas. Os dados de produção foram submetidos às análises estatísticas de variância e regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento de Laboratório - A Fig. 1 mostra o movimento do fósforo nas colunas lixiviadoras dos cinco solos diferentes. As quantidades de fósforo lixiviados diminuíram com a profundidade da coluna, com exceção dos solos de Bebedouro 1 e Bebedouro 2, em que o fósforo diminuiu da camada 0 - 2 cm para a de 2 - 4 cm e, em seguida, aumentou para depois voltar a diminuir ou permanecer estável com a profundidade.

Observou-se que a lixiviação foi maior no nível de 300 Kg/ha de P_2O_5 que no de 150 Kg/ha de P_2O_5 , e que quanto maior foi a capacidade de adsorção máxima de fósforo dos solos (Tabela 1) menor foi a sua lixiviação. Por sua vez, a adsorção máxima de fósforo no solo correlacionou-se negativamente com a área ($r = -0,90^{**}$), e positivamente com a argila ($r = 0,98^{**}$), com CTC ($r = 0,98^{**}$), umidade retida de 1/3 atm ($r = 0,97^{**}$) e com o cálcio trocável ($r = 0,98^{**}$).

Indiretamente, pode-se dizer que a lixiviação de fósforo é menor nos solos que possuem altos teores de argila, CTC e capacidade de retenção de umidade. Logan & McLean (1973), Chaiwanakupt & Robertson (1976) e Bar-Yoset & Sheikholislami (1976) constataram que o movimento de fósforo nos solos argilosos foi menor que nos solos arenosos.

No solo de Mandacaru, com nível de 150 Kg/ha de P_2O_5 , houve lixiviação do fósforo até à camada de 4 - 6 cm de profundidade e, com o nível de 300 Kg/ha de P_2O_5 , até a camada de 6 - 8 cm. Sucessivamente, a lixiviação foi até as de 6 - 8 cm e 8 - 10 cm, no solo do Salitre; 8 - 10 e 10 - 12 cm no solo de Massagano; 12 - 14 cm e 14 - 16 cm (última camada), no solo de Bebedouro 1; e 14 - 16 cm, no solo de Bebedouro 2.

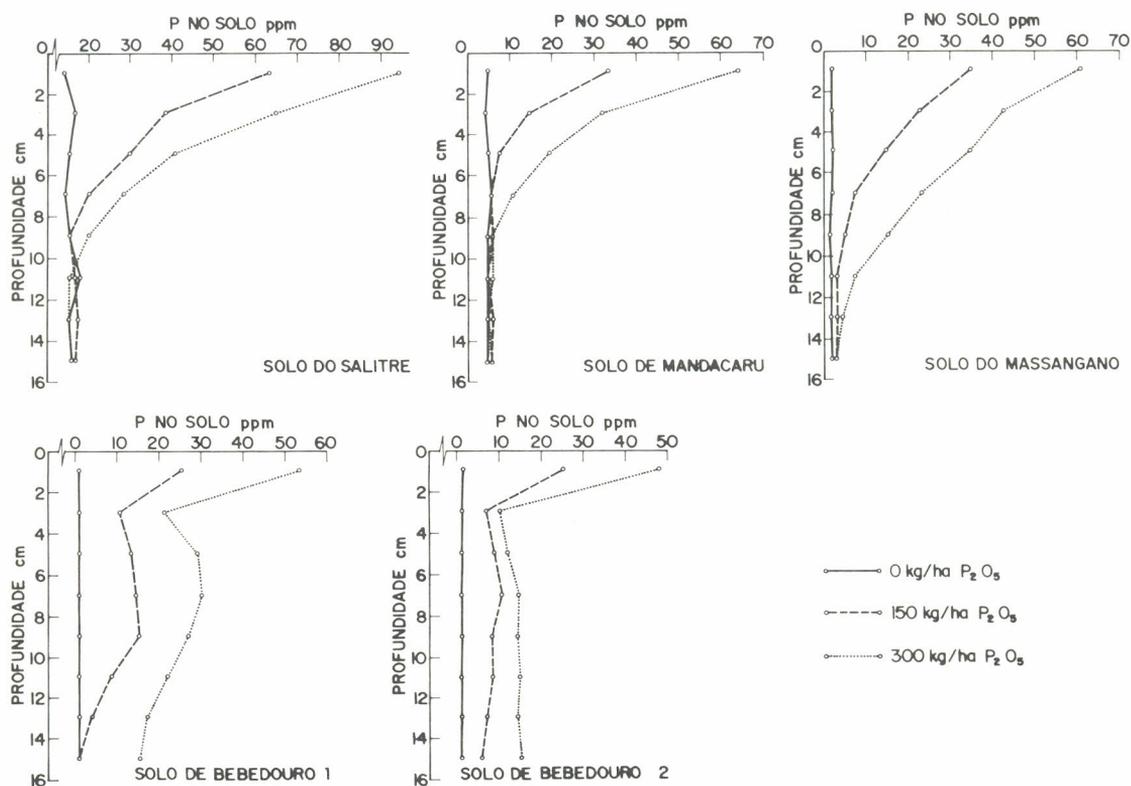


FIG. 1 - Movimento do fósforo aplicado na superfície (0-2 cm) de cinco solos acondicionados em colunas lixivadoras.

Pela Fig 1, nota-se que no nível de 300 Kg/ha de P₂O₅ no solo de Bebedouro 1 e em todos os níveis de fósforo no solo de Bebedouro 2, deve ter havido lixiviação abaixo da camada de 14 -16 cm, o que não foi avaliado. Num solo com 80,4% de areia e uma capacidade de adsorção máxima de 250 mg de P/Kg de solo (0,250 mg/g), Sharma et al. (1985) verificaram que, em alguns casos, houve uma lixiviação do fósforo aplicado na camada superior (0 - 2 cm) da coluna até uma profundidade de 34 cm. O solo de Bebedouro 2 foi o que reteve menos fósforo. Também é o que possui a menor capacidade de adsorção máxima de P (Tabela 1), isso pelo fato de ser o mais arenoso e, também, por ser salino, considerando que os íons cloreto e sulfato existentes nele, provavelmente em maior quantidade que nos outros, concorreram com os sítios da adsorção dos fosfatos.

Pela Tabela 2, observa-se que a recuperação do fósforo aplicado aos solos, avaliada pelo extrator de

Mehlich, foi pequena e decresceu com a profundidade, demonstrando assim que a sua maior parte ficou absorvida no solo. Entretanto, essa observação não é válida para os três casos em que o fósforo atingiu a última camada da coluna lixivadora, considerando que não se sabe se ele continuou ou não a lixiviar além dessa profundidade. Apesar de ter ocorrido maior lixiviação de fósforo com a maior aplicação do elemento (Fig. 1), a percentagem de recuperação não obedeceu a essa mesma tendência em todos os solos. Nos solos de Mandacaru e Bebedouro 1, a percentagem de recuperação foi maior com 300 do que com 150 Kg/ha de P₂O₅. Mas nos outros solos foi praticamente igual nos dois níveis de fósforo aplicado. Logan & McLean (1973) e Ozanne et al. (1961) verificaram que a percentagem de recuperação se manteve a mesma, independente da quantidade de fósforo aplicada ao solo.

Experimento de campo - O tomateiro respondeu

TABELA 2 - Recuperação do fósforo, pelo extrato de Mehlich, aplicado na superfície do solo (0-2 cm), nas camadas da coluna lixiviadora, em diferentes profundidades.

Profundidade cm	Solo de Mandacaru		Solo de Salitre		Solo do Massango		Solo de Bebeouro ¹		Solo Bebedouro ²	
	150*	300*	150*	300*	150*	300*	150*	300*	150*	300*
	%									
0 - 2	8,5	9,1	15,2	11,7	10,1	9,1	7,5	8,0	7,5	7,2
2 - 4	3,1	4,7	6,8	7,4	6,4	6,2	3,0	3,1	1,8	1,4
4 - 6	0,7	4,1	4,4	3,9	3,8	5,0	4,0	4,3	2,4	1,6
6 - 8	-	0,7	1,7	2,2	1,8	2,2	4,2	4,5	3,1	2,2
8 - 10	-	-	-	0,7	1,1	0,9	4,5	3,9	2,3	2,1
10-12	-	-	-	-	0,4	0,4	2,5	3,3	2,3	2,2
12-14	-	-	-	-	-	-	0,9	2,5	1,8	2,1
14-16	-	-	-	-	-	-	-	2,2	1,5	2,2
Total	12,3	18,6	28,1	25,9	23,6	23,8	26,6	32,0	22,7	21,0

* Fósforo aplicado (kg/ha de P₂O₅).

positivamente ao fósforo aplicado ao solo, conforme mostra a Tabela 3, sem ter ocorrido interação entre doses e modos de aplicação. A resposta do tomateiro aos níveis de fósforo ajustou-se a uma equação quadrática (Fig. 2), em que a produtividade máxima esperada de 69,36 t/ha foi estimada com a aplicação de 189 Kg/ha de P₂O₅.

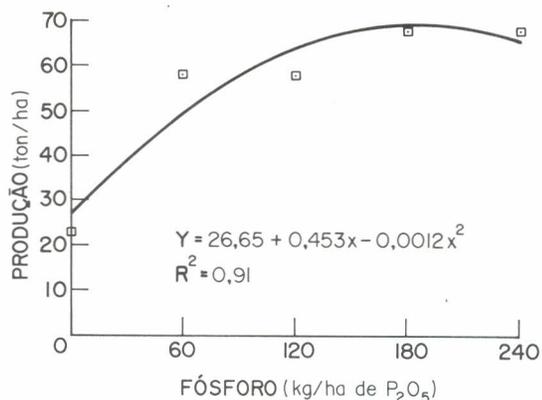
A aplicação parcelada da dose, metade no plantio e metade 30 dias depois, proporcionou uma produtividade significativamente superior à da aplicação única no plantio (Tabela 3). Esse fato que os agricultores da região do submédio São Francisco podem estar certos, em alguns casos, quando fazem aplicações parceladas de fósforo no tomateiro.

Há duas hipóteses que podem explicar as razões de maior eficiência da aplicação parcelada do fósforo, em relação à aplicação única. No cultivo do tomate: 1.) As raízes adventícias emitidas pelo tomateiro, favorecidas com a prática da amontôa realizada logo após à adubação de cobertura, absorvem com eficiência o fósforo oriundo desta adubação. Robertson et al. (1966) constataram a eficiência das raízes adventícias do milho na absorção do fósforo oriundo da adubação de cobertura. 2) O fósforo aplicado na superfície do solo, na adubação de cobertura, movimentou-se para baixo pela água de irrigação, conforme foi visto no experimento de laboratório, e atingiu

TABELA 3 - Produtividade média do tomate em função do modo de aplicação de fósforo.

Modo de aplicação de fósforo	Produção (t/ha)
Aplicação única	56,98 b
Aplicação parcelada	69,60 c
Aplicação em faixa	61,61 bc
Testemunha (sem P)	23,29 a
Coefficiente de variação (%)	12,7

1 Produções seguidas por mesma letra não diferem significativamente ao nível de P < 0,05.

**FIG. 2 - Resposta do tomateiro à adubação fosfatada.**

as raízes superficiais, que são mais eficientes na absorção do elemento que as mais profundas (Nayakekorala & Taylor, 1990).

Devido aos poucos resultados obtidos em relação à eficiência do parcelamento da dose de fósforo, outras pesquisas deverão ser realizadas para melhor elucidação do fato.

CONCLUSÕES

1. O fósforo movimentou-se até a camada de 4 - 6 cm e 6 - 8 cm de profundidade no solo mais argiloso, que tinha recebido 150 e 300 Kg/ha de P₂O₅, respectivamente. No solo arenoso o fósforo, nos dois níveis de aplicação, atingiu a última camada analisada de 14 - 16 cm.

2. O tomateiro respondeu positivamente às aplicações de fósforo ao solo. A produtividade máxima esperada de 69,4 t/ha foi obtida com 189 Kg/ha de P₂O₅.

3. O parcelamento da dose de fósforo em duas épocas de aplicação no cultivo do tomateiro foi mais eficiente que a aplicação única, em uma só época, antes do plantio.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, M.M. Effect of phosphorus and potassium in relation to time of application on wheat. **Indian Journal of Agronomy**, v.24, n.1, p. 45-49, 1979.
- BARBER, S.A. Application of phosphate fertilizers: methods, rates and time of application in relation to the phosphorus status of soils. **Phosphorus in Agriculture**, v 13, n. 70, p. 109-115, 1977.
- BAR-YOSEF, B.; SHEIKHOLSLAMI, M.R. Distribution of water and ions in soils irrigated and fertilized from a trickle source. **Soil Science Society of America Journal**, v.40, p. 575-582, 1976.
- BAUMGARTNER, J.G.; LANDELL, M.G. de A.; MASCA, M.G.C.C.; HIROCE, R.; ARAÚJO, J.A.C. de. Efeitos de doses e de localização do fósforo na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill). **Revista Ceres**, Viçosa, v.30, n.171, p. 330-344, 1983.
- CASTILHOS, D.D.; ANGHINONI, I. Influência do suprimento de fósforo a diferentes frações do sistema radicular sobre o comportamento do milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.3 p.263-267, 1988.
- CHAIWANAKUPT, P.; ROBERTSON, W.K. Leaching of phosphate and selected cations from sandy soils as affected lime. **Agronomy Journal**, v.68, n.3 p. 507-511, 1976.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 1v.
- FASSBENDER, H.V. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. **Fitotecnia Latinoamericana**, v.3, n.1/2, p. 203-216, 1966.
- KATYAL, J.C. Management of phosphorus in lowland rice. **Phosphorus in Agriculture**, v.32, n.73, p.21-34, 1978.
- LOGAN, T.J.; McLEAN, E.O.; Effects of phosphorus application rate, soil properties, and leaching mode on 32p movement in soil columns. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.37, p. 371-374, 1973.
- NAYAKEKORALA, H.; TAYLOR, H.M. Phosphorus uptake rates of cotton roots at different growth stages from different soil layers. **Plant and Soil**, v.122, n.1, p.105-110, 1990.
- OZANNE, P.G.; KIRTON, D.J.; SHAW, T.C. The loss of phosphorus from sandy soils. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.12, p.409-423, 1961.
- PATRICK JUNIOR, W.H.; PETERSON, F.J.; WILSON, F.E. Response of lowland rice to time and method of application of phosphate. **Agronomy Journal**, v.66 n.3, p.459-460, 1974.
- PORTAS, C.A.M. **Acerca do sistema radical de algumas culturas hortícolas**. Luanda: Universidade de Luanda, 1970. 243p. il.
- ROBERTSON, J. A.; KANG, B.T.; RAMIREZ-PAZ, F.; WERKHOVEN, C.H.E.; CHLROGGE, A.J. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. VII P³² uptake by brace roots of maize and its distribution

- within the leaves. **Agronomy Journal**, v.58, p.293-296, 1966.
- SHARMA, P.K.; SINHA, A.K.; CHAUDHARY, T.N. Movement of surface and deep-placed phosphorus in a sandy loam soil in relation to initial soil wetness, amount of water applied, and evaporation potentials. **Soil Science**, v.140, n. 4, p. 256-263, 1985.
- SILVA F.L.I.M.; MAGALHÃES, J.R. Análise de sensibilidade dos parâmetros utilizados na simulação de absorção de fósforo pelo tomateiro, com o modelo matemático de Cushman-Barber. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.3, p.315-320, 1989.
- SPENCER, W.F. Distribution and availability of phosphorus added to a lakeland fine sand. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.21, p.141-144, 1957.
- STRYKER, R.B.; GILLIAN, J.W.; JAKSON, W.A. Nonuniform phosphorus distribution in the root zone of corn: growth and phosphorus uptake. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.38, n.2, p.334-340. 1974.
- SUVALE. **Reconhecimento dos recursos hidráulicos e de solos da bacia do Rio São Francisco**. [S.1]: 1970. v.2.