

## EFEITOS DE DOSES E DE LOCALIZAÇÃO DO FÓSFORO NA CULTURA DO TOMATEIRO (*Lycopersicum esculentum* Mill)<sup>1/</sup>

José Geraldo Baumgartner <sup>2/</sup>

Marcos Guimarães de Andrade Landell <sup>3/</sup>

Manuel Gabino Crispim Churata Masca <sup>4/</sup>

Ruter Hiroce <sup>5/</sup>

Jairo Augusto Campos de Araújo <sup>6/</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

A absorção do anionite fosfato pela raiz depende, inicialmente, de um processo de contato relacionado, principalmente, com a disponibilidade desse ion e com os fatores que influem na sua difusão na solução do solo. O fósforo é considerado um dos elementos menos móveis no solo, e BRAY (1) verificou que os elementos de pouca mobilidade são absorvidos pelas plantas de uma fina camada de solos localizada em torno das raízes. Essas características do elemento, associadas às características de cada planta, especialmente com respeito à morfologia e ao desenvolvimento do sistema radicular, determinam a necessidade de estudos relativos à localização do adubo fosfatado, para cada cultura, visando, com isso, ao maior aproveitamento do nutriente e/ou à economia na aplicação do fertilizante.

---

<sup>1/</sup> Trabalho parcialmente apresentado no XXI Congresso Internacional de Horticultura, Hamburgo, República Federativa da Alemanha, e desenvolvido com apoio financeiro da EMBRAPA.

Recebido para publicação em 29-4-1983.

<sup>2/</sup> Departamento de Solos e Adubos da FCAV-UNESP. 14870 Jaboticabal, SP.

<sup>3/</sup> Seção de Cana-de-Açúcar do Inst. Agron. do Estado. 13100 Campinas, SP.

<sup>4/</sup> Departamento de Fitotecnia da FCAV-UNESP. 14870 Jaboticabal, SP.

<sup>5/</sup> Seção de Química do Inst. Agron. do Estado. 13100 Campinas, SP.

<sup>6/</sup> Departamento de Engenharia Rural da FCAV-UNESP. 14870 Jaboticabal, SP.

No Estado de São Paulo, é prática comum entre os cultivadores de tomateiro não-estaqueado o emprego de altas doses de fertilizantes e a aplicação da metade do fertilizante fosfatado em cobertura, aos 30-40 dias após a germinação, mediante fórmulas completas N-P-K. Discute-se, todavia, o aproveitamento do adubo que é assim aplicado, considerando-se a baixa mobilidade do fósforo no solo e as características do tomateiro não-estaqueado, que tem apresentado, em nosso meio, reduzido desenvolvimento do sistema radicular.

O objetivo desta pesquisa foi verificar a eficiência de diversas doses e formas de aplicação de adubo fosfatado na nutrição e na produção do tomateiro não-estaqueado, cv 'Petomech', cultivado em sistema de semeadura direta e com emprego de irrigação por aspersão.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos (1979 e 1980) no município de Jaboticabal, SP, em Latossolo Roxo.

### 2.1. Primeiro Experimento (1979)

A análise química de rotina para avaliação da fertilidade do solo do local do primeiro experimento revelou os seguintes valores: pH=6,2, M.O. % = 2,8, P=14 ppm, K = 280 ppm,  $\text{Ca}^{2+} = 3,7 \text{ e.mg}/100 \text{ ml}$ ,  $\text{Mg}^{2+} = 1,6 \text{ e.mg}/100 \text{ ml}$  e  $\text{Al}^{3+} = 0,0$ .

O cultivar de tomateiro utilizado foi o 'Petomech', sendo as sementes provenientes da Peto Seed C.O. Inc., Califórnia, U.S.A. Trata-se de um cultivar de crescimento determinado, que produz frutos de forma quadrada, próprios para o consumo «in natura», apesar de ser sua produção geralmente destinada à indústria.

O sistema de cultivo utilizado foi o não-estaqueado, com semeadura direta, no período da seca, e irrigado por aspersão, semelhante ao cultivo comercial feito no Estado de São Paulo, com produção para fins industriais.

Os tratamentos consistiram no emprego de três doses de fósforo, 300 ( $P_1$ ), 600 ( $P_2$ ) e 900 ( $P_3$ ) kg/ha de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , combinadas com as seguintes formas de aplicação:

- A — 3/4 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  no sulco principal e 1/4 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  na superfície do mesmo sulco (3/4 SP + 1/4 SSP), em pré-semeadura.
- B — 1/2 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  no sulco principal e 2 x 1/4 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  em sulcos laterais (1/2 SP + 2 x 1/4 SL), em pré-semeadura.
- C — Dose total de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  a lanço, na superfície, e incorporada (total LSI), em pré-semeadura.
- D — Dose total de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  no sulco principal (total SP), em pré-semeadura.
- E — 3/4 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  no sulco principal, em pré-semeadura, e 1/4 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  a lanço, na superfície, aos 40 dias após a emergência (3/4 SP + 1/ LS)
- F — 1/2 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  no sulco principal, em pré-semeadura, e 2 x 1/4 de  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  em sulcos laterais, aos 40 dias após a emergência (1/2 SP + 2 x 1/4 SL).

Utilizou-se ainda um tratamento testemunha, em que não se aplicou o fósforo, de forma que, com quatro repetições, foram obtidas 76 parcelas, distribuídas em quatro blocos. O delineamento estatístico foi um fatorial 3 x 6, em blocos ao acaso, com um tratamento adicional.

Os sulcos principais foram espaçados de 1,20 m e apresentaram dimensões de aproximadamente 20 cm de largura por 15 cm de profundidade. Os sulcos laterais foram feitos à enxada, a distância desprezível dos sulcos principais, e apresentaram cerca de 8 cm de largura e 6 cm de profundidade.

Nos sulcos principais foram colocadas as doses do adubo fosfatado, todo o adubo potássico e parte da adubação nitrogenada. As fontes dos nutrientes foram o superfosfato triplo, com 42% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o cloreto de potássio, com 60% de K<sub>2</sub>O, e o sulfato de amônio, com 20% de N. As doses de N e K<sub>2</sub>O, no plantio, foram de 60 kg/ha e 120 kg/ha, respectivamente. Nas parcelas em que a aplicação do adubo fosfatado foi feita a lanço, na superfície, fez-se a incorporação à enxada, à profundidade de 10-15 cm. Após a aplicação dos fertilizantes, todos os sulcos foram fechados e, em seguida, foram feitas covas rasas sobre os sulcos principais, com cerca de 2 cm de profundidade, com espaçamento de 40 cm. Em cada cova foram colocadas cerca de 30 sementes (dia 27/6/79). Cada parcela foi constituída de 4 sulcos principais de 4 m de comprimento, contando, cada sulco, 10 covas. Foram consideradas área útil as duas linhas centrais da parcela.

Vinte dias após a emergência foi feito o primeiro desbaste, eliminando-se a metade das plantas, e, vinte dias depois, um segundo e último desbaste, deixando-se duas plantas por cova. Imediatamente após esse desbaste foi feita uma adubação em cobertura com o sulfato de amônio, na dose de 60 kg/ha de N, e nessa mesma ocasião foram aplicadas as parcelas restantes de fósforo, a lanço ou em sulcos laterais.

Vinte dias após a cobertura nitrogenada as plantas atingiram o estádio de início de frutificação. Nessa época, foram feitas as amostragens para diagnose foliar, coletando-se as terceiras e as quartas folhas, a partir do ápice, totalmente desenvolvidas, conforme propõem SAXENA e LOCÁSCIO (9). Foram coletadas amostras de todas as plantas de uma das linhas centrais da parcela. As amostras foram enviadas ao laboratório, lavadas, preparadas e analisadas segundo a metodologia proposta por SARRUGE e HAAG (8). Foram feitas análises de P (colorimetria), K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn (espectrofotometria de absorção atômica).

Durante todo o ciclo da cultura, foi feita irrigação por aspersão, de dois em dois dias, aplicando-se, de cada vez, 10 mm de água, e pulverizações de defensivos, duas vezes por semana, sempre após a irrigação.

Ao final do ciclo da cultura, foram feitas quatro colheitas de frutos maduros, a intervalos de uma semana, a partir de 10/10/79. Posteriormente, os frutos foram classificados pelo diâmetro, de acordo com o tipo: *grande*: diâmetro  $\geq$  52 mm; *médio*: diâmetro mínimo  $>$  47 mm e diâmetro máximo  $<$  52 mm; *pequeno*: diâmetro mínimo  $>$  40 mm e diâmetro máximo  $<$  47 mm; *miúdo*: diâmetro máximo  $<$  40 mm; *refugo*: frutos parcialmente estragados que puderam ser transportados ao local de classificação. Após a classificação, foram contados e pesados todos os frutos de cada tipo.

## 2.2. Segundo Experimento (1980)

O segundo cultivo foi desenvolvido no mesmo tipo de solo e em área próxima à do experimento anterior. A análise química, para avaliação da fertilidade do solo nesse local, apresentou os seguintes valores: pH = 6,2, M.O. % = 1,93, P = 8 ppm, K = 1,63 ppm, Ca<sup>2+</sup> = 2,8 e.mg/100 ml, Mg<sup>2+</sup> = 1,1 e.mg/100 ml e Al<sup>3+</sup> = 0,0.

O cultivar de tomateiro também foi o mesmo ('Petomech'), mas os tratamentos foram modificados, em razão dos resultados do experimento anterior. Dessa forma, os tratamentos consistiram na combinação das doses de 200-400-600 e 800 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com as seguintes formas de aplicação:

- a) dose total a lanço e incorporada
  - b) dose total no sulco principal
  - c) metade da dose a lanço e incorporada e metade no sulco de plantio.
- As demais adubações e os tratos culturais foram semelhantes aos descritos

anteriormente. Da mesma forma que o ocorrido anteriormente, 20 dias após a cobertura nitrogenada foram coletadas as folhas para a diagnose foliar, com repetição dos métodos já relatados. No final do ciclo, foram feitas 5 colheitas de frutos maduros, a intervalo de 10 dias, e os frutos foram classificados, contados e pesados. O ciclo da cultura, desde a semeadura até a última colheita, desenvolveu-se entre 29/4/ e 21/9/80.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Produção Total de Frutos

Os dados de produção total de frutos encontram-se nos Quadros 1 e 2, para o primeiro e o segundo experimento, respectivamente. Nas médias gerais, incluindo os tratamentos testemunhas, foram obtidas produções de 31,4 t/ha no primeiro ano e de 35,4 t/ha no segundo, superiores à média dos produtores do Estado de São Paulo, que, segundo FILGUEIRA (2), é de 13 t/ha. Houve, nos dois experimentos, perda relativamente pequena de frutos apodrecidos pelo contato direto com a terra, problema já reconhecido para esse sistema de cultivo.

Verifica-se que houve acentuada resposta da cultura à adição de fósforo, e o teste F, da análise estatística, indicou que não houve diferenças entre as doses do nutriente ou entre as formas de aplicação (Quadro 1). Todavia, através da diferença mínima significativa do teste de Tukey, verifica-se que o tratamento correspondente à aplicação de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a lanço, na superfície, e incorporada pode ser considerado inferior aos demais, em razão de não ter diferido significativamente da testemunha. A menor produção obtida com a aplicação da menor dose de fósforo, a lanço e incorporada, é um resultado normal, já que essa forma de aplicação propicia maior superfície de contato da fração coloidal do solo com o adubo aplicado e, consequentemente, maior fixação do fósforo.

A informação mais geral dos dados do Quadro 1 é que não houve benefício quando se dividiu a dose total de fósforo, quer aplicando o adubo fosfatado em diferentes locais no terreno, quer aplicando uma parte após a emergência. Alguns agricultores alegam que o parcelamento do fósforo, com a aplicação de uma parte correspondente à metade ou um quarto da dose total em cobertura, aos 30-40 dias, e com leve incorporação através da amontoa, traz benefícios ao enraizamento adventício e efeitos na produção. Isso, porém, não foi observado neste experimento, como pode ser verificado pelas produções dos tratamentos que receberam parte do fósforo após a emergência (40 dias). Foi observado também que, quando se aplicou um quarto da dose total do fertilizante na superfície do sulco principal, isto é, em contato com as sementes, ocorreu um desenvolvimento inicial nitidamente superior das plântulas recém-germinadas, efeito que desapareceu pouco depois do primeiro desbaste, quando todas as plantas adubadas com fósforo praticamente se igualaram. Todavia, esse efeito precisa ser mais bem estudado para outros tipos de solos e talvez seja importante para doses inferiores a 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ainda com relação às doses de fósforo empregadas, pode-se questionar se a menor dose (300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) já não seria uma dose muito alta (Quadro 1). Considerando os tratamentos que receberam parte do fósforo em cobertura ou em sulcos laterais aos 40 dias após a emergência, as plantas atingiram os maiores níveis de produção com 150 e 225 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco principal, antes da semeadura. Se, de fato, o parcelamento foi ineficiente ou pouco contribuiu, as doses citadas poderiam ter sido suficientes. Todavia, os dados experimentais não permitem avaliar se a complementação das doses iniciais contribuiu ou não para a produção final. Com base nessas inferências, alteraram-se as doses e as formas de aplicação de fósforo no segundo experimento. Considerou-se ainda que, para o sistema de semea-

QUADRO 1 - Produção total de tomates, em toneladas por hectare, obtida em quatro colheitas (média de quatro repetições). Primeiro experimento (1979)

Formas de Aplicação de Fósforo	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			
	0	300	600	
Testemunha (-P)	9,55	-	-	
Pré-semeadura	3/4 SP+1/4 SSP 1/2 SP+2x1/4 SL	36,73 31,48	32,50 34,46	29,47 33,88
Total LSI	-	23,72	31,13	33,98
Total SP	-	35,06	33,48	29,65
Pré-semeadura	3/4 SP+1/4 LS	33,52	31,01	33,86
Pós-semeadura	1/2 SP+2x1/4 SL	34,17	30,88	37,94
F (testemunha x tratados) (doses)	67,17**			
F (formas de aplicação)	0,17 NS			
dms (Tukey, 5%)	1,00 NS			
CV%	14,29 17,44			

SP = sulco principal  
SSP = superfície do sulco principal

SL = sulco lateral

LSI = a lanco, na superfície, e incorporado

LS = a lanco, na superfície

NS = não-significativo

QUADRO 2 - Produção total de tomates, em toneladas por hectare, obtida em cinco colheitas (média de quatro repetições). Segundo experimento (1980)

Formas de Aplicação de Fósforo	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)				
	0	200	400	600	800
t/ha					
Testemunha (-P)	21,69				
Total LSI	-	28,44	45,29	41,85	34,48
Total SP	-	34,20	36,14	40,60	42,58
1/2 LSI + 1/2 SP	-	38,07	24,25	41,30	31,75
F (testemunhas x tratados)	8,35*				
F (doses)	1,33 NS				
F (formas de aplicação)	0,94 NS				
dms (Tukey, 5%)	24,89				
CV %	27,98				

dura direta, em covas rasas, pode ser importante saber a dose de fósforo aplicada a lanço que substitui determinada dose aplicada no sulco, já que pode ser economicamente interessante a não-abertura de sulcos.

No segundo experimento (Quadro 2), a resposta do tomateiro à adição de fósforo foi significativa também, mas menos acentuada que a verificada no primeiro experimento. Nesse segundo cultivo as plantas do tratamento testemunha apresentaram produção relativamente alta (média de 21,69 t/ha), mostrando que o solo supriu parte das exigências das plantas, o que dificultou a avaliação dos tratamentos. É interessante observar que, pelos resultados das análises de fertilidade do solo, era de esperar maior efeito da adubação fosfatada no segundo experimento, mas ocorreu justamente o contrário.

Entretanto, a análise estatística separada de cada uma das formas de aplicação permitiu verificar resposta quadrática ( $F = 5,96^*$ ) às aplicações a lanço, correspondendo a maior produção à dose de 400 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Comparando os dois experimentos, observa-se que a dose de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicada a lanço e incorporada, no primeiro experimento, foi insuficiente, dando produção estatisticamente igual à da testemunha, ao passo que, no segundo experimento, a dose de 400 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicada também a lanço, resultou no máximo de produção. Esses dados permitem afirmar que a dose de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicada a lanço, pode ser insuficiente para as nossas condições mais comuns de fertilidade dos solos, isto é, solos deficientes em fósforo e/ou com alta capacidade de fixação do elemento, e que a dose de 400 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicada também a lanço, pode já ser suficiente para solos que apresentem algum efeito residual de adubações fosfatadas anteriores. Infelizmente, a análise de fertilidade do solo, de rotina, não tem permitido discriminar essa segunda situação, como foi verificado nesta pesquisa e em trabalhos com outras culturas, no Estado de São Paulo, como, por exemplo, o de SILVA *et alii* (10), com o algodoeiro.

Analizando ainda, em conjunto, os dados de ambos os experimentos, pode-se concluir que as menores doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 300 e 200 kg/ha, respectivamente, apli-

das no sulco principal, em pré-semeadura, resultaram em produções equivalentes às das demais doses e formas de aplicação de fósforo e, portanto, devem ser recomendadas, em razão da facilidade de aplicação e do aspecto econômico.

### 3.2. *Classificação dos Frutos*

A produção de frutos graúdos foi bastante irregular em ambos os experimentos, e diversas parcelas do primeiro experimento não chegaram a produzir esse tipo de fruto.

Com relação ao efeito dos tratamentos sobre as classes de tamanho de fruto, o que se verificou de mais interessante foi uma variação na relação fruto médio/fruto miúdo, obtida apenas no primeiro experimento (Figura 1).

Observa-se, pela Figura 1, que a adubação fosfatada teve como resultado, de modo geral, aumento na percentagem de frutos de tamanho médio, que ocorreu simultaneamente a uma diminuição na percentagem de frutos miúdos.

A Figura 1 mostra que houve larga relação entre frutos miúdos e frutos médios no tratamento testemunha, sem fósforo. Nesse caso, para cada quilo de frutos médios foram obtidos 6,6 kg de frutos miúdos. A média geral dos tratamentos que receberam adubação fosfatada foi de 1,47 para essa relação, ou seja, foi produzido 1,47 kg/ha de frutos miúdos para cada quilo de frutos médios. Entre os tratamentos de adubação, o que resultou na relação frutos miúdos/frutos médios mais estreita foi a aplicação de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura (relação = 1,13), e os que apresentaram a relação mais larga, mais próxima do tratamento testemunha, foram aqueles em que o adubo foi aplicado a lanço e incorporado, nas doses de 300 e 600 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (relações = 1,89 e 2,26, respectivamente). Esses dados parecem confirmar a ineficiência da aplicação do adubo a lanço e que, para essas condições experimentais, constitui desperdício a aplicação de doses superiores a 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura.

No segundo experimento, não foi observada essa variação na relação frutos miúdos/frutos médios, mas apenas um aumento significativo na produção de frutos médios dos tratamentos adubados, em relação à testemunha.

Com relação à produção de refugos, no primeiro experimento, a aplicação de 900 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a lanço e, no segundo experimento, a aplicação da dose de 800 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, em qualquer das três formas, resultaram em ligeiro aumento na produção desse tipo de frutos, mas não ficou bem caracterizado um efeito depressor dessas doses de fósforo sobre a produção de frutos comercializáveis. Entretanto, pode-se concluir que adubação fosfatada adequada é importante para o tomate rasteiro, especialmente para as variedades cuja produção pode ser comercializada para o consumo «in natura», caso em que o tamanho do fruto condiciona o valor comercial.

### 3.3. *Maturação dos Frutos*

Plantas abundantemente supridas de fósforo atingem a maturidade precocemente, e o inverso também é verdadeiro, isto é, plantas mal supridas têm o ciclo retardado (7).

No primeiro experimento foram feitas 4 colheitas, verificando-se que, na terceira, com a acumulação dos valores da primeira e da segunda, no tratamento testemunha sem fósforo, obtiveram-se 52,35% do total de frutos, enquanto nos demais tratamentos foram obtidas percentagens entre 67,03% e 91,15% (média = 82,34%). A maior percentagem, entre os tratamentos adubados, foi conseguida com a aplicação da dose de 600 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a lanço, e a maior com essa mesma dose, mas aplicada metade no sulco principal e metade em dois sulcos laterais, aos 40 dias após a emergência.

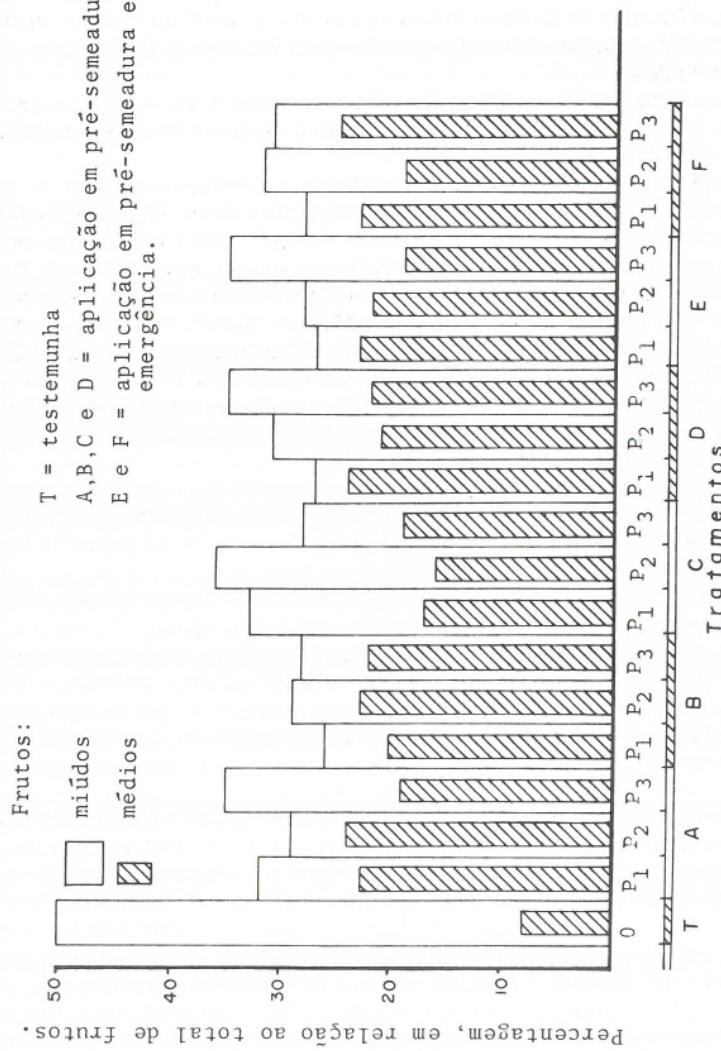


FIGURA 1 - Efeitos de formas de aplicação de fósforo ( $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3 = 300$ ,  $600$  e  $900$  kg/ha de  $P_{2O_5}$ , respectivamente) na variação relativa de frutos miúdos e médios de tomate, cv. Petomech.

No segundo experimento foram feitas 5 colheitas, e o efeito do fósforo na maturação dos frutos também foi marcante. Dessa forma, obtiveram-se, até a quarta colheita, 18,07% do total de frutos maduros para o tratamento, enquanto para os tratamentos adubados foram obtidos valores entre 48,37 e 70,70%, com ligeira superioridade da forma de aplicação no sulco sobre a aplicação a lanço.

### 3.4. Diagnose Foliar

Os dados referentes às análises químicas dos teores totais de macro e micronutrientes nas folhas do tomateiro encontram-se nos Quadros 3, 4, 5 e 6, para ambos os experimentos.

As análises químicas foram feitas separadamente para o limbo e para o pecíolo das folhas, porque essas partes diferem quanto à diagnose de estado nutricional, no caso específico do tomateiro (4).

Com relação ao fósforo, verificou-se, no primeiro experimento (Quadro 3), que as plantas deficientes nesse nutriente e cujas produções foram severamente limitadas pela sua falta apresentaram 0,44% de P no limbo foliar e 0,29% no pecíolo. No segundo experimento (Quadro 5) essas plantas apresentaram 0,39% de P no limbo e 0,40% no pecíolo. Por outro lado, os teores mais altos de fósforo nas plantas adubadas foram de 0,69% de P no limbo e 0,59% no pecíolo e 0,65% no limbo e 0,69% no pecíolo, para o primeiro e segundo experimento, respectivamente (Quadros 3 e 5). Esses valores aproximam-se dos encontrados por HIROCE *et alii* (4), que foram de 0,36% no limbo foliar de plantas não adubadas e valores entre 0,51 e 0,64% nas plantas que receberam doses crescentes de adubos, em experimento conduzido no Estado de São Paulo.

Observa-se, ainda, nos Quadros 3 e 5, que os teores de P no limbo foliar foram sempre superiores aos do pecíolo, independentemente do tratamento, no primeiro experimento, enquanto no segundo isso não se verificou, isto é, os teores de fósforo no limbo e no pecíolo foram equivalentes.

Interpretando os dados de análise de fósforo no limbo foliar, pela aplicação do teste de Tukey, verifica-se que, no primeiro experimento (Quadro 3), apenas os tratamentos em que o fósforo foi aplicado em pré-semeadura totalmente a lanço e incorporado ou quando a metade foi aplicada no fundo do sulco principal e o restante em dois sulcos laterais não resultaram em acréscimo no teor de fósforo nas folhas. Entretanto, desses tratamentos, apenas a aplicação da dose de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a lanço e incorporada, não resultou em aumento na produção total de frutos.

Uma coincidência interessante entre os dois experimentos é que, aplicando-se a diferença mínima significativa do teste de Tukey, o teor de fósforo no limbo foliar, para diferir do tratamento testemunha, deveria ser superior a 0,55%. O valor mais próximo deste é o de 0,56% de P, do tratamento que recebeu 3/4 da dose de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no fundo do sulco principal e o restante na superfície do mesmo sulco, o que resultou em aumento significativo de produção, em relação ao tratamento testemunha. Pode-se inferir daí que, nessas condições experimentais, o nível de 0,56% de P no limbo foliar é o teor abaixo do qual a produção de frutos pode ser prejudicada. Raciocínio similar para os dados de pecíolo indicou o teor de 0,43% de P como sendo esse «nível crítico». O segundo experimento não permitiu essa interpretação dos dados, mas mostrou que as menores produções corresponderam aos níveis de 0,39 e 0,35% de P no limbo foliar e que os tratamentos adubados e com maiores produções apresentaram, com maior freqüência, valores muito próximos ou superiores a 0,55% de P.

Com relação aos outros macronutrientes, foram verificados efeitos depressores da adubação fosfatada sobre os teores de Mg no pecíolo foliar (Quadro 3) e no

QUADRO 3 - Teores de P, K, Ca, Mg e S nos limbos foliares das terceiras e quartas folhas, a partir do ápice, da planta de tomateiro colhida no início da frutificação (média de 4 repetições). Primeiro experimento

Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Formas de Aplicação	Limbo Foliar (%) na mat. seca)					Pecíolo Foliar (% na mat. seca)				
		P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	S
300	0 (Test.)	0,44	2,88	2,26	0,64	0,67	0,29	6,43	1,91	1,04	0,23
	3/4 FSP + 1/4 SSP (ps)	0,56	2,90	2,42	0,53	0,63	0,41	6,72	2,05	0,73	0,16
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps)	0,52	2,93	2,57	0,58	0,68	0,36	6,48	2,01	0,82	0,18
	Total LSI (ps)	0,54	2,91	2,31	0,54	0,76	0,39	6,97	1,76	0,69	0,14
	Total FSP (ps)	0,57	2,80	2,59	0,58	0,62	0,44	7,20	1,99	0,77	0,14
	3/4 FSP + 1/4 LS (ps + pe)	0,57	2,79	2,23	0,52	0,67	0,46	6,63	1,94	0,73	0,23
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps + pe)	0,58	2,70	2,45	0,52	0,74	0,48	6,74	1,97	0,71	0,18
	3/4 FSP + 1/4 SSP (ps)	0,58	2,69	2,49	0,53	0,60	0,46	6,46	2,01	0,73	0,17
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps)	0,62	2,88	2,14	0,50	0,70	0,51	6,97	1,84	0,67	0,19
	Total LSI (ps)	0,58	2,79	2,58	0,59	0,61	0,51	7,01	1,89	0,65	0,15
600	Total FSP (ps)	0,63	2,80	2,48	0,56	0,60	0,43	6,76	1,67	0,62	0,14
	3/4 FSP + 1/4 LS (ps + pe)	0,69	2,69	2,48	0,52	0,72	0,59	6,55	1,96	0,69	0,21
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps + pe)	0,64	2,66	2,63	0,61	0,77	0,54	7,03	1,86	0,75	0,17
	3/4 FSP + 1/4 SSP (ps)	0,60	2,80	2,52	0,50	0,67	0,51	6,96	2,14	0,69	0,17
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps)	0,58	2,87	2,30	0,52	0,71	0,47	7,05	1,88	0,78	0,23
	Total LSI (ps)	0,66	2,64	2,75	0,59	0,61	0,51	6,70	1,98	0,74	0,15
	Total FSP (ps)	0,58	2,79	2,47	0,54	0,63	0,44	7,05	1,87	0,68	0,14
	3/4 FSP + 1/4 LS (ps + pe)	0,67	2,80	2,52	0,53	0,75	0,58	7,13	2,05	0,66	0,20
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps + pe)	0,60	2,77	2,66	0,55	0,77	0,54	6,57	2,03	0,70	0,20
	F (tratamentos)	6,47**	1,00	1,66	1,03	3,42**	8,57**	0,80	1,00	3,00**	3,25**
900	F (test. x tratados)	46,72**	-	-	-	0,05	51,85**	-	-	40,74**	8,57**
	F (doses)	16,57**	-	-	-	0,74	20,52**	-	-	2,03	0,53
	F (formas de aplicação)	3,13**	-	-	-	8,03**	8,91**	-	-	0,82	8,23**
	dms (Tukey, 5%)	0,11	-	-	-	0,17	0,13	-	-	2,26	0,09
	CV %	7,60	6,19	9,93	16,79	9,50	10,94	8,04	11,53	13,71	20,54

ps = pré-sadadura  
pe = pós-emergência

JÁDRO 4 - Teores de Cu, Fe, Mn e Zn nos lâminos e pecíolos foliares das terceiras e quartas folhas, a partir do ápice, da planta de tomateiro colhida no início da frutificação (média de quatro repetições). Primeiro experimento

Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Formas de Aplicação	Limbo Foliar (ppm na mat. seca)						Pectíolo Foliar (ppm na mat. seca)		
		Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	
0 (Test.)	3/4 FSP + 1/4 SSP (ps)	39	5,16	2,11	59	32	290	147	121	
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps)	26	36,8	1,49	50	27	16,7	93	65	
	Total LSI (ps)	25	36,2	1,58	43	24	19,3	94	65	
	Total FSP (ps)	31	39,5	164	58	23	19,6	94	76	
	3/4 FSP + 1/4 LS (ps + pe)	28	42,6	1,75	43	25	19,5	101	63	
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps + pe)	27	38,4	1,60	46	32	22,4	107	66	
	3/4 FSP + 1/4 SSP	27	39,5	1,64	49	24	18,9	95	66	
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps)	26	37,6	1,61	48	25	18,0	100	64	
	Total LSI (ps)	28	35,0	1,44	51	23	18,2	88	67	
	Total FSP (ps)	28	36,8	1,58	48	20	16,3	93	54	
600	3/4 FSP + 1/4 LS (ps + pe)	26	35,5	1,55	49	30	17,1	96	61	
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps + pe)	30	34,9	1,63	48	24	16,5	86	63	
	3/4 FSP + 1/4 SSP (ps)	26	31,8	1,39	48	26	17,4	89	60	
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps)	27	34,0	1,46	49	25	18,4	85	71	
	Total LSI (ps)	29	37,8	1,60	44	25	20,9	88	63	
	Total FSP (ps)	27	34,9	1,51	46	20	16,1	79	64	
	3/4 FSP + 1/4 LS (ps + pe)	25	33,2	1,38	48	26	17,7	88	54	
	1/2 FSP + 2 x 1/4 SL (ps + pe)	32	45,6	1,51	60	24	17,1	86	64	
	F (tratamentos)	4,28**	1,59	0,98	1,47	17,51**	2,77**	1,44	9,53**	
	F (test. x tratados)	47,66**	-	-	-	79,59**	33,51**	-	150,08**	
900	F (doses)	0,11	-	-	-	6,13**	2,05	-	2,27	
	F (formas de aplicação)	3,82**	-	-	-	36,04**	1,46	-	1,81	
	dms (Tukey, 5%)	8,00	-	-	-	4,00	97,00	-	24,00	
	CV %	11,19	20,69	20,65	16,65	6,51	20,02	24,91	13,72	

QUADRO 5 - Teores de P, K, Ca, Mg e S nos limbos e pecíolos foliares das terceiras e quartas folhas, a partir do ápice, da planta de tomateiro colhida no início da frutificação (média de quatro repetições). Segundo experimento

Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Formas de Aplicação	Limbo Foliar (% mat. seca)					Pecíolo Foliar (% na mat. seca)				
		P	K	Ca	Mg	S	P	K	Ca	Mg	S
0 (Test.)	No sulco	0,39	3,39	2,46	0,59	0,40	0,40	5,36	2,69	0,82	0,28
	A lanço	0,54	3,15	2,41	0,49	0,40	0,48	6,53	2,11	0,55	0,18
	200	0,55	2,91	2,29	0,53	0,30	0,37	5,34	2,51	0,82	0,20
	1/2 sulco 1/2 lanço	0,42	2,93	2,21	0,49	0,34	0,36	6,16	2,69	0,74	0,19
	No sulco	0,56	2,70	2,71	0,52	0,40	0,54	5,84	2,55	0,71	0,17
	A lanço	0,46	3,01	2,61	0,56	0,35	0,44	5,75	2,56	0,79	0,18
400	1/2 sulco 1/2 lanço	0,55	2,80	2,21	0,48	0,37	0,60	7,08	2,61	0,71	0,18
	No sulco	0,63	3,00	2,82	0,51	0,37	0,54	5,78	2,63	0,65	0,20
	A lanço	0,52	2,77	2,24	0,47	0,36	0,54	6,43	2,65	0,74	0,19
	1/2 sulco 1/2 lanço	0,55	2,96	2,21	0,46	0,38	0,60	6,28	2,55	0,66	0,17
	No sulco	0,65	2,99	2,58	0,53	0,41	0,69	5,99	2,28	0,60	0,21
	A lanço	0,59	2,99	2,34	0,49	0,37	0,56	6,08	2,49	0,59	0,21
800	1/2 sulco 1/2 lanço	0,61	2,94	2,50	0,49	0,37	0,56	5,28	2,43	0,60	0,16
	F (test. x tratados)	17,74**	9,09**	0,03	12,82**	0,96	6,34*	1,73	1,21	5,69*	14,80**
	F (doses)	16,52**	0,71	0,89	1,45	1,15	10,11**	0,45	1,53	3,30*	0,27
	F (formas de aplicação)	12,50**	0,15	4,72**	2,32	3,63*	3,75*	0,36	1,94	3,80*	0,73
	dms (Tukey, 51)	0,16	0,73	0,83	0,12	0,13	0,23	2,51	0,71	0,28	0,12
	CV %	12,35	9,83	13,64	9,31	15,96	17,73	16,73	11,25	16,24	24,30

QUADRO 6 - Teores de Cu, Fe, Mn e Zn nos limbos e pectíolos foliares das terceiras e quartas folhas, a partir do ápice, da planta de tomateiro colhida no início da frutificação (média de quatro repetições). Segundo experimento

Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Formas de Aplicação	Limbo Foliar (ppm na mat.seca)				Pectíolo Foliar (ppm na mat.seca)			
		Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
0 (Test.)	No sulco	5,3	1096	230	68	51	639	162	137
	A lança	40	885	187	49	33	331	119	87
	1/2 sulco 1/2 lança	32	802	199	54	37	497	137	111
	1/2 sulco 1/2 lança	32	908	175	47	42	616	144	111
400	No sulco	34	789	186	49	33	450	116	104
	A lança	50	849	184	57	39	555	127	102
	1/2 sulco 1/2 lança	5,5	927	182	55	34	385	138	94
	1/2 sulco 1/2 lança	31	796	147	50	34	395	104	82
600	No sulco	54	826	165	66	36	378	101	80
	A lança	43	808	175	53	37	393	122	106
	1/2 sulco 1/2 lança	31	796	147	50	34	395	104	82
	1/2 sulco 1/2 lança	35	861	168	51	37	433	97	81
800	No sulco	51	862	153	63	48	401	116	110
	A lança	27	807	164	44	32	343	101	65
	1/2 sulco 1/2 lança	27	807	164	44	32	343	101	65
	1/2 sulco 1/2 lança	27	807	164	44	32	343	101	65
F (test. x tratados)		6,57*	6,29*	21,26**	10,02**	9,17**	11,09**	31,33**	35,43**
F (doses)		1,12	0,18	4,07*	1,07	0,41	1,91	10,54**	4,28*
F (formas de aplicação)		6,71*	0,09	0,95	2,97	2,01	1,15	6,29*	9,90*
dns (Tukey, 5%)		2,7	4,35	59	25	22	301	38	35
CV %		27,22	22,40	13,19	16,77	23,63	26,85	12,35	14,29

limbo e pecíolo (Quadro 5) e sobre os teores de S no limbo e pecíolo (Quadro 3) e no pecíolo foliar (Quadro 5). Ocorreu ainda decréscimo no teor de K com a adição de fósforo apenas na análise do limbo foliar, no segundo experimento. É de difícil interpretação o efeito depressor do fósforo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, porque, em geral, o fósforo influencia todo o desenvolvimento da planta, o que promove um efeito de «diluição», em relação às análises feitas nas plantas testemunhas. Por outro lado, outros fatores, como a concentração de cálcio do superfosfato triplo, nas altas doses empregadas, e o efeito competitivo entre fosfato e sulfato, sendo a adsorção deste progressivamente reduzida pela presença de níveis crescentes de fosfato, podem estar interferindo na disponibilidade de K e Mg no solo (5).

Com relação aos micronutrientes, foram verificados efeitos depressores da adubação fosfatada sobre os teores de Cu e Zn no pecíolo foliar e de Cu apenas no limbo (Quadro 4) e sobre Cu, Fe, Mn e Zn no segundo experimento (Quadro 6). São conhecidos na literatura os efeitos de aplicações prolongadas ou maciças de fósforo sobre a deficiência de cobre, ferro e zinco (6) e manganês (11), para as plantas em geral. Nesses experimentos, conduzidos em Latossolo Roxo, em Jaboticabal, os efeitos das altas doses de fósforo, que promoveram diminuição nos teores dos micronutrientes nas folhas do tomateiro e, ainda, de K, Ca e Mg, não foram acompanhados de efeito na produção de frutos, o que parece caracterizar mais um efeito de «diluição» nos resultados analíticos. Por outro lado, esse efeito depressor não chegou a abaixar os níveis desses nutrientes até uma faixa de deficiência, e os teores de micronutrientes encontrados ficaram acima dos valores adequados, segundo GERALDSON *et alii* (3): Cu = 5 a 10 ppm; Fe = 100 a 300 ppm; Zn = 25 ppm e Mn = 50 a 200 ppm. Entretanto, os efeitos foram verificados e servem de alerta para a aplicação localizada de altas doses de fósforo, que, em outras situações, pode resultar em deficiência induzida de um ou mais desses nutrientes.

#### 4. RESUMO

Dois experimentos de adubação fosfatada foram conduzidos em Latossolo Roxo, no município de Jaboticabal, SP, com a cultura do tomateiro não-estaqueado, cultivar 'Petomech'. No primeiro experimento foram feitos dezoito tratamentos, combinando-se doses e formas de aplicação de superfosfato triplo, e, no segundo, treze tratamentos, incluindo-se, para ambos os experimentos, uma parcela testemunha, sem fósforo. Não se verificaram efeitos benéficos das diferentes formas de aplicação de fósforo, com relação à aplicação no sulco de semeadura. A dose de 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicada a lanço e incorporada, foi insuficiente para a produção de frutos. A adubação fosfatada, em relação à testemunha, influiu na produção e na precocidade de maturação dos frutos, na relação frutos miúdos/frutos médios e nos teores de macro e micronutrientes das folhas. Os teores de 0,56% de P no limbo e 0,43% de P no pecíolo foliar foram considerados níveis abaixo dos quais a produção pode ser prejudicada.

#### 5. SUMMARY

Two experiments were carried out at Jaboticabal, State of São Paulo, Brazil, to study the effects of phosphorus fertilization on tomato. The cv Petomech was used. In the first experiment, eighteen fertilizer treatments and one unfertilized control were arranged in a factorial design with three rates and six methods of phosphorus placement. In the second experiment, thirteen treatments were used. There was no beneficial effect or different methods of phosphorus placement in comparison to the placement of the fertilizer at the bottom of the main furrow at

seeding time. The phosphorus rate of 300 kg/ha of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, applied by broadcast and incorporated, was insufficient. The phosphorus fertilization, in relation to the unfertilized control, affected: tomato yield; the earliness of maturation; the ratio of small/medium fruits; and, macro and micronutrient contents of the leaves. Phosphorus contents of 0.56% in the blades and 0.46% in the petioles were considered to be the levels below which tomatoes yield may be affected.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BRAY, R.H. A nutrient mobility concept of soil-plant relationship. *Soil Science*, 78:8-22, 1954.
2. FILGUEIRA, F.A.S. *Manual de olericultura: cultura e comercialização das hortaliças*. São Paulo, Ceres, 1972. 451 p.
3. GERALDSON, C.M.; KLACAN, G.R. & LORENZ, O.A. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. (ed.) *Soil testing and plant analysis*. Madson, Wisconsin, USA, 1973, p. 365-379.
4. HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; GALLO, J.R. & CAMPOS, H.R. Amostragem em tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill, cultivar Santa Cruz I.A.C. 2731), para fins de análise química foliar. *Ciência e Cultura* 24:242-246, 1972.
5. KAMPRATH, E.J.; NELSON, W.L. & FITTS, J.W. The effect of pH, sulphate and phosphate concentrations on the adsorption of sulphate by soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 20:463-466, 1956.
6. OLSEN, S.R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J. J. (ed.) *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil. Sci. Soc. Am., 1972. p. 243-263.
7. SALYSBURY, F.B. & ROSS, C. Mineral nutrition of plants. In: WADSWORTH, Publishing Company Inc. *Plant Physiology*. W.A. Jensen (ed.) Belmont, California, 1969. p. 204-205.
8. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, Livroceres, 1974, 47 p.
9. SAXENA, G.K. & LOCASCIO, S.J. Effect of N, P and K rates on response of cabbage and tomato grown on a coastal clay soil of Guyana. *Trop. Agric.* 52: 149-159, 1975.
10. SILVA, N.M.; FUZATTO, M.G.; GRIDI-PAPP, I.L.; FERRAZ, C. A.M. & CIA, E. *Comportamento de duas variedades paulistas de algodoeiro em diferentes níveis de adubação P e K (2.ª série)*. Campinas, SP, Projeto BNDE/AND/CIA, 1971. 15 p. (Boletim n.º 9).
11. WALLACE, A.; MUELLER, R.T. & ALEXANDER, G.V. Influence of phosphorus on zinc, iron, manganese and copper uptake by plants. *Soil Science* 126:336-341, 1978.