

ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DE FÓSFORO EM DOIS CULTIVARES
DE MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.),
'CAMPINAS' E 'GUARANI', COM USO DE ^{32}P *

JULIO NAKAGAWA **

ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE ***

TAKASHI MURAOKA ****

RESUMO

Com o objetivo de estudar a absorção e translocação do fósforo na cultura da mamoneira, instalou-se um ensaio em vasos com os cultivares 'Campinas' e 'Guarani' e empregou-se o fósforo radioativo (^{32}P) como traçador.

Os quatro tratamentos constaram da aplicação ao solo de 65 ppm de P con

* Entregue para publicação em 06/08/1982.

** Departamento de Ciências do Solo, Faculdade de Ciências Agronômicas, "Campus" de Botucatu, UNESP.

*** Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

**** Seção de Fertilidade do Solo, CENA, USP.

tendo 32p, quando as plantas apresentavam seis, nove, doze e quatorze folhas, respectivamente e cortadas com nove, doze e quatorze folhas e as do quarto tratamento após 21 dias da aplicação do fertilizante marcado.

Através dos dados obtidos, pode-se concluir que, neste solo com baixo teor de fósforo, a aplicação deste elemento, na época da emissão de inflorescências primárias, não influencia no desenvolvimento das inflorescências, uma vez que se formam às expensas de fósforo previamente acumulado no pecíolo e no limbo, e que para lá se desloca a fim de participar do metabolismo de formação e desenvolvimento. Em outros termos, o fósforo, quando aplicado tardiamente, não incrementará a produção dos cachos primários e, conseqüentemente, não pode esperar que o potencial máximo do cultivar seja atingido, pois os cachos primários representam, no mínimo, 30% da produção total da mamoneira.

INTRODUÇÃO

Pelo levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo (GARGANTINI *et alii*, 1970), verifica-se dentre os macronutrientes analisados, o fósforo se constitui em fator limitante na produção agrícola. Nada menos de 4.756.412 ha, representando 89,9% da área cultivada, apresentaram teor baixo de fósforo. Disto pode-se deduzir que as respostas da mamoneira à adubação fosfatada nada mais são do que o reflexo da pobreza dos solos em relação ao elemento.

Em que pese essas circunstâncias, os autores verificaram que, constatada a deficiência de fósforo na cultura, em fase de emissão de inflorescência primária, a aplicação do elemento não apresentou efeito satisfatório. Porém, vários trabalhos conduzidos em Botucatu (NAKAGAWA *et alii*, 1974, 1977 e 1979) resultaram em produções altamente significativas com aplicação de fósforo no solo. Constatado esse fato foi estudada a absorção e translocação do P pela planta com o objetivo principal, de se recomendar a aplicação de P no plantio ou em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo, classificado como Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa, segundo ESPINDOLA *et alii* (1973) foi coletado no Município de São Manuel, Estado de São Paulo. A análise química mostrou tratar de solo muito pobre, conforme pode ser observado na Tabela I.

Tabela I - Resultados de análise química do solo utilizado no ensaio.

pH	M.O. %	e.mg/100 g de TFSA					
		H ⁺	Al ³⁺	K ⁺	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺
5,4	1,18	1,84	0,32	0,05	0,01*	0,80	0,24

* Valor obtido por extração com solução de H₂SO₄ 0,05 N.

O cálcio e o magnésio foram determinados pelo método do EDTA de GLÓRIA *et alii* (1965); o potássio por fotometria de chama; a matéria orgânica pelo método de Wakley e Black, descrito em MALAVOLTA & COURRY (1954); e os demais, conforme descrito em CATANI *et alii* (1955).

O solo coletado foi passado em peneira de 4 mm de diâmetro e em seguida enriquecido com 10 ppm de P na forma de KH_2PO_4 e acondicionado em vasos de 50 kg. A seguir fez-se a semeadura, em 30/01/75, dos cultivares 'Campinas' e 'Guarani', os mais recomendados atualmente pelo Instituto Agronômico de Campinas, como cultivares de frutos indeiscentes. A descrição desses cultivares já foram feitas em trabalhos anteriores (NAKAGAWA et alii 1977, 1979).

Após a germinação e desbaste para duas plantas por vaso, foram feitos os seguintes tratamentos:

- 6 f - aplicação de P em plantas com 6 folhas e cortadas com 9 folhas, aos 46 dias após o plantio.
- 9 f - aplicação de P em plantas com 9 folhas e cortadas com 12 folhas, aos 60 dias após o plantio.
- 12 f - aplicação de P em plantas com 12 folhas e cortadas com 14 folhas, aos 90 dias após o plantio.
- 14 f - aplicação de P em plantas com 14 folhas e cortadas 21 dias após a aplicação, ou seja 120 dias após o plantio.

A solução aplicada continha 65 ppm de P, em relação ao peso do solo do vaso, e uma radioatividade de 2 milicuries por ml de ^{32}P .

Cada tratamento contou com 5 repetições, resultando num total de 40 vasos. Foram incluídos ainda dois tratamentos adicionais, sem aplicação de ^{32}P para acompanhar o desenvolvimento das plantas, sendo um com apenas 10 ppm de P no solo e o outro com 75 ppm de P, sempre aplicados antes do plantio e homogeneizado no solo.

Durante a condução do ensaio, foi feita a suplementação de todos os demais nutrientes, menos a do fósforo

(WAUCH & FITTS, 1966). A do nitrogênio, se fez por quatro vezes, na dose de 2,5 g por vaso e por aplicação, na forma de nitrato de amônio.

As plantas coletadas, foram separadas em caule, limbo, pecíolo, inflorescência e secas em estufa a 60°C e moidas. Preparou-se o extrato nítrico perclórico. No extrato, determinou-se o P por fotocolorimetria e a radioatividade de ^{32}P por efeito Cerenkov (WHITE & ELLIS, 1968; AWERBUCH & AVNIMELECH, 1970), utilizando-se um contador de cintilação líquida Beckman-LS-230, e calculou-se a percentagem de fósforo proveniente do fertilizante (% PPF).

RESULTADOS

Os dados de pesos de limbo, pecíolo, caule e de inflorescência dos dois cultivares, são encontrados na Tabela 2; teor de fósforo nas diferentes partes das plantas nas Tabelas 3 e 4; e percentagem de P proveniente do fertilizante nas diferentes partes das plantas nas Tabelas 5 e 6.

Os valores em cada coluna vertical seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

DISCUSSÃO

Observando-se o desenvolvimento vegetativo dos tratamentos adicionais com 75ppm de P e de 10 ppm de P, constatou-se um efeito bastante sensível do fósforo. Enquanto os tratamentos com maior dose inicial de P apresentavam-se com 10 a 11 folhas aos 90 dias após a germinação, os de menor dose ficavam com apenas 8 folhas. As plantas deste tratamento apresentavam-se com 10 folhas com 12 dias de atraso. Verificou-se ainda neste caso um atra

Tabela 2 - Peso de limbo, pecíolo, caule e inflorescência dos cvs. 'Campinas' e 'Guarani', em g de matéria seca.

Treatmento*	Limbo	Pecíolo	Caule	Inflorescência
	Campinas	Guarani	Campinas	Guarani
6 f	8,96	5,45	2,38	1,30
9 f	9,33	8,74	2,69	2,44
12 f	8,79	6,93	2,91	2,21
14 f	8,02	8,84	2,31	3,04
			2,19	1,45
			2,98	3,17
			4,68	3,76
			4,98	5,52
			-	-
			-	-
			0,91	0,55
			2,14	0,92

* 6 f = aplicação de P com 6 folhas e coletada quando tinha 9 folhas; 9 f = aplicação de P com 9 folhas e coletada com 12; 12 f = aplicação com 12 folhas e coletada com 14 folhas; e 14 f = aplicação com 14 folhas e coletada após 21 dias.

Tabela 3 - Porcentagem de fósforo e respectivos $\arcsen \sqrt{\%/100}$, no limbo, pecíolo, caule e inflorescência do cv. 'Campinas'. Média de cinco repetições.

Tratamento	Limbo		Pecíolo		Caule		Inflorescência**
	%	$\arcsen \sqrt{\%/100}$	%	$\arcsen \sqrt{\%/100}$	%	$\arcsen \sqrt{\%/100}$	
6 f	0,646	4,605b	0,408	3,660b	0,479	3,958b	-
9 f	0,576	4,350b	0,403	3,638b	0,492	4,016b	-
12 f	0,575	4,339b	0,327	3,277ab	0,238	2,793a	0,987
14 f	0,452	3,840a	0,271	3,076a	0,249	2,800a	0,775
dms (Tukey) 5%		0,434		0,374		0,690	**Não analisada estatisticamente
C.V. (%)		5,39		5,83		10,84	

Tabela 4 - Porcentagem de fósforo e respectivos arc sen $\sqrt{\%/100}$, no limbo, pecíolo, caule e inflorescência da cv. 'Guarani'. Média de cinco repetições.

Tratamento	Limbo		Pecíolo		Caule		Inflorescência**
	%	arc sen $\sqrt{\%/100}$	%	arc sen $\sqrt{\%/100}$	%	arc sen $\sqrt{\%/100}$	
6 f	0,617	4,503	0,446	3,818b	0,501	4,050b	-
9 f	0,588	4,387	0,399	3,615b	0,428	3,739b	-
12 f	0,572	4,338	0,379	3,525b	0,269	2,971a	1,031
14 f	0,465	4,842	0,262	2,480a	0,207	2,647a	0,965
dms 5% (tukey)		n.s.		0,879		0,548	**Não analisada estatisticamente
C.V. (5%)		10,06		13,94		8,71	

Tabela 5 - Porcentagem de P no limbo, pecíolo, caule e inflorescência da cv. 'Campinas', proveniente do fertilizante marcado (%PPF). Média de cinco repetições.

Tratamento	Limbo		Pecíolo		Caule		Inflorescência**
	%PPF	arc sen $\sqrt{\%/100}$	%PPF	arc sen $\sqrt{\%/100}$	%PPF	arc sen $\sqrt{\%/100}$	
6 f	0,6273	4,504c	0,1077	1,861b	0,1554	1,935ab	-
9 f	0,5640	4,239c	0,1200	1,951b	0,1668	2,292b	-
12 f	0,3767	3,514b	0,0806	1,621b	0,0916	1,730ab	0,0836
14 f	0,1607	2,279a	0,0316	1,012a	0,0641	1,415a	0,0921
dms 5% (Tukey)	0,750		0,483		0,601		**Não analisada estatisticamente
C.V. (%)	10,95		15,97		17,35		

Tabela 6 - Porcentagem de P no limbo, pecíolo, caule e inflorescência da cv. 'Guarani', proveniente do fertilizante marcado (%PPF). Média de cinco repetições.

Tratamento	Limbo		Pecíolo		Caule		Inflorescência**
	%PPF	arc sen $\sqrt{\%/100}$	%PPF	arc sen $\sqrt{\%/100}$	%PPF	arc sen $\sqrt{\%/100}$	
6 f	0,3794	3,504b	0,0669	1,467ab	0,0847	1,638ab	-
9 f	0,5011	4,005b	0,0920	1,705b	0,1537	2,193b	-
12 f	0,3434	3,321b	0,0736	1,537ab	0,0977	1,747ab	0,0912
14 f	0,1388	2,125a	0,0395	1,129a	0,0589	1,380a	0,0497
dms 5% (Tukey)		0,813		0,410		0,585	**Não analisada estatisticamente
C.V. (%)		13,37		14,94		17,91	

so sensível de quase um mês na emissão de inflorescência primária, com 13 folhas, o que ocorre em plantas bem adubadas com fósforo, com cerca de 11 folhas. Os tratamentos em que se aplicaram 65 ppm de P, colocaram-se em posições intermediárias à daqueles tratamentos adicionais extremos, o que era de se esperar, uma vez que os 65 ppm eram adicionados em função do número de folhas. Como era de se esperar, os dois últimos tratamentos igualaram o de menor dose de 10 ppm de P.

Entre as partes da planta (Tabela 2), a única que apresentou diferenciação em termos de massa seca, foi o caule. O baixo teor inicial de P no solo fez com que as folhas e os limbos não chegassem a diferenciar muito. Comparando-se o efeito de P nos dois cultivares, observa-se o seguinte; no tratamento com aplicação inicial de 75 ppm de P, aos 94 dias após o plantio, 100% das plantas do cv 'Campinas' estavam com inflorescência enquanto o 'Guarani' apresentavam-se com apenas 60%. As plantas que receberam 65 ppm de P com 6 folhas, após 30 dias, cerca de 60% das plantas do cv 'Campinas' apresentavam inflorescência e os da 'Guarani', 80%. Finalmente, dentre as plantas que receberam fósforo aos 90 dias, 17 dias após, no cv 'Campinas' 60% se apresentavam com inflorescência, enquanto no cv 'Guarani', 70%. Estes dados mostraram que o cv 'Campinas' prefere uma adubação fosfatada alta de base enquanto o 'Guarani' reage melhor à adubação fosfatada mesmo por cobertura.

Nos trabalhos feitos por NAKAGAWA *et alii* (1977, 1979), o cv 'Campinas' apresentou porte menor que o do 'Guarani' e enquanto as plantas do primeiro cultivar chegaram a uma altura máxima de 1,40 m, os do segundo ('Guarani') atingiram de 1,70 a 1,80 m. O mesmo ocorreu neste ensaio de vaso. Contudo, o desenvolvimento inicial do 'Campinas' foi melhor, invertendo-se a altura do corte do último tratamento, atestado pelo peso do caule (Tabela 2). Analisando-se o efeito global do fósforo nos dois cultivares, constatou-se que o fósforo estimulou o crescimento do 'Campinas' e atuou mais na parte reprodutiva do 'Guarani'.

No tocante aos teores de P nas diversas partes das plantas dos dois cultivares, constatou-se que o comportamento global foi bastante semelhante. Verificou-se em geral uma tendência na diminuição do teor do elemento, em todas as partes analisadas (Tabelas 3 e 4), variando de intensidade em função das partes da planta. Limbo e pecíolo apresentaram comportamento semelhante, caindo o teor de P, chegando mesmo a ser significativa essa queda no último tratamento; no limbo do cv 'Guarani', não chegou a ser significativo, sendo portanto esta a única diferença observada no comportamento global entre os dois cultivares. Para o caule a situação foi parecida, só que a queda no teor de P foi mais acentuada e significativa, na terceira amostragem. Tais resultados sugerem que, adicionado o fósforo até a planta atingir cerca de 12 folhas, pode este nutriente ser uniformemente absorvido; contudo sofrerá restrição quando se apresenta na inflorescência, isto é, com 14 folhas aproximadamente. As aplicações corresponderam a 46, 60, 90 e 120 dias após o plantio. NAKAGAWA & NEPTUNE (1971) concluíram em seus estudos de absorção de nutrientes, que o período de maior absorção de fósforo deveria estar entre 41 e 110 dias. Como, neste ensaio, apenas a última aplicação está além desse período, os resultados obtidos nos dois trabalhos podem ser considerados concordantes. Um fato que deve ser notado é o alto teor de fósforo na inflorescência, até de certa forma surpreendente, sendo mais acentuado no cv. 'Guarani'.

Pelos dados das Tabelas 5 e 6, constatou-se que o cultivar 'Campinas' absorveu mais do que o 'Guarani'. Considerando que as determinações de ^{32}P eram feitas cerca de três semanas após a sua aplicação no solo, pode-se dizer que o maior acúmulo de ^{32}P pela cv. 'Campinas' deve-se a sua maior facilidade em retirar o fósforo disponível.

Por outro lado, o teor de fósforo total na inflorescência da cultivar 'Guarani' foi sempre maior que aquele encontrado na mesma parte da planta do cv 'Campinas', sugerindo que o fósforo no primeiro cultivar havia-se acumulado antes da adição deste nutriente no solo (Tabelas 3 e 4).

Essas duas situações mostram que a queda dos teores de P, em função da época de aplicação e da amostragem, não é, simplesmente, um fenômeno de diluição. Como a absorção vai se restringindo com a idade, a planta tem necessidade de redistribuir o fósforo para as partes de maior necessidade, qual seja a parte reprodutiva. Entende-se desta forma a alta concentração de ^{32}P na inflorescência, em detrimento de outras partes.

Conforme já se fez referência, a concentração de fósforo nas inflorescências foi assustadoramente alta, em torno de 1%, nos dois cultivares. A porcentagem de P proveniente do fertilizante na inflorescência não foi excepcional, todavia. Enquanto no limbo, a porcentagem de fósforo proveniente do fertilizante era de 0,60 a 0,16%, nas inflorescências atingiram no máximo 0,09%. Nessas mesmas partes, os teores de fósforo total foram respectivamente 0,60 e 0,90%, isto é, maior concentração nas inflorescências. Considerando-se a diluição isotópica, a única forma de se explicar esta situação é de que a inflorescência recebe o fósforo mais de outras partes da planta do que o diretamente absorvido do solo. Em outras palavras, esses dados inferem que a inflorescência recebe o fósforo anteriormente acumulado no limbo, no pecíolo e no caule.

Sabendo-se que o fósforo é de fundamental importância na produção do número de frutos e no peso de sementes, que a mamoneira apresenta uma queda no poder absorutivo do elemento, a partir de certa idade, isto é, pouco antes da emissão da inflorescência do cacho primário, e que o cacho primário representa, no mínimo, 30% da produção total (veja-se NAKAGAWA et alii, 1977, 1979), fica evidente que as adubações fosfatadas em solos pobres em fósforo trarão benefícios, se colocados no ato do plantio. O emprego do fósforo em cobertura poderá, eventualmente, incrementar a produção de outros cachos, mas a produção total não deverá atingir a produção máxima do cultivar, pelo prejuízo causado aos cachos primários.

CONCLUSÕES

A análise dos resultados permitiu concluir que a aplicação do fósforo favorece o desenvolvimento das plantas, estimula e antecipa a emissão de inflorescências primárias aproximadamente de 20 a 30 dias.

Pode-se notar ainda que a adubação fosfatada em solo pobre aumenta o teor de fósforo, na planta dentro de certos limites, e a maior concentração deste elemento se encontra nas inflorescências, chegando inclusive a ultrapassar o limite de 1% da matéria seca.

O emprego de ^{32}P mostrou, por sua vez, que o fósforo é acumulado primeiro no limbo, pecíolo e caule para, em seguida, translocar-se para a inflorescência. Isto leva à conclusão de que adubações, com esse nutriente, deverão dar bons incrementos, se efetuadas quando as plantas apresentarem apenas quatro, ou cinco folhas, ou seja, antes do início da diferenciação floral dos cachos primários.

Menores quantidades de ^{32}P foram absorvidas pelo cultivar 'Guarani' e os resultados obtidos nos ensaios de campo revelam que este cultivar é menos exigente em fósforo do que o 'Campinas'.

SUMMARY

ABSORPTION AND TRANSLOCATION OF PHOSPHORUS LABELLED WITH ^{32}P IN *Ricinus communis* cvs. CAMPINAS AND GUARANI.

A pot experiment was carried out with treatments consisting of applications of solution of 65 ppm phosphorus labelled with ^{32}P , when the plants had 6, 9, 12 and 14 leaves. These plants were harvested respectively when they had 9, 12 and 14 leaves and 21 days after last application.

The phosphorus contents were determined in the different parts of the plants, such as laminae, petiole, stem and inflorescences and the absorption of this element was followed through the determination of radioactive phosphorus in these samples.

According to the data the following conclusions can be drawn:

- the application of phosphorus fertilizer has increased the phosphorus content, aided plant development, and stimulated the primary inflorescence emissions;
- ^{32}P showed that in soils, with low phosphorus content, the application of the phosphorus fertilizer at the emission of the primary inflorescence will not affect its development, since the inflorescence is formed at the expense of phosphorus previously accumulated in the petiole and in the laminae;
- phosphorus applied later will not increase the yield of primary racemes which represent at least 30% of the total yield of castor bean.

LITERATURA CITADA

- AWERBUCH, T.; AVNIMELECH, Y., 1970. Counting ^{32}P in plant tissues using the Cerenkov effect. *Plant and Soil* **33**(3): 260-264.
- CATANI, R.A.; GALLO, J.R.; GARGANTINI, H., 1955. **Amostragem de solos, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade**, Campinas,
- ESPINDOLA, C.R.; TOSIN, W.A.C.; PACCOLA, A.A., 1971. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental de São Manuel. *Anais do XIV Congr. Bras. Ciência do Solo*, 650-651, Sta. Maria-RS.

- GARGANTINI, H.; COELHO, F.A.; VERLENGIA, F.; SOARES, E., 1970. **Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo**, Campinas, Inst. Agron., 32p., mimeogr.
- GLÓRIA, N.A. da; CATANI, R.A.; MATUO, T., 1965. O método EDTA na determinação de cálcio e magnésio "trocável" do solo. *Revista agric.*, Piracicaba, **40**: 67-74.
- MALAVOLTA, E., COURY, T., 1954. **Apostila de práticas de Química Agrícola**, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, mimeog.
- NAKAGAWA, J.; NEPTUNE, A. M. L., 1971. Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.), cv. 'Campinas'. *An. Esc. Sup. Agr. "Luiz de Queiroz"* **28**: 323-337.
- NAKAGAWA, Júlio; NEPTUNE, A.M.L.; JAEHN, A., 1974. Efeitos isolados e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio em mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivares 'IAC-38' e 'Campinas'. *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* **31**: 233-241.
- NAKAGAWA, Júlio; NEPTUNE, A.M.L.; VIEIRA, F.R.; BATALIA, O.C., 1977. Efeitos de doses de fósforo em mamoneira (*Ricinus communis* L.) cv. 'Campinas'. *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* **34**: 159-177.
- NAKAGAWA, Júlio; NEPTUNE, A.M.L.; POLASTRE, R.; SAVY NETO, A., 1974. Efeitos de doses de fósforo em mamoneira (*Ricinus communis* L.), cv. 'Guarani'. *An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"* **36**: 331-361.
- WAUGH, D.L.; FLITTS, J.W., 1966. **Estudos para interpretação de análise de solo, de laboratório e em vasos**. Inst. Soil Testing, Bolm nº 3, 33p.

WHITE, P.R.; ELLIS, G.B., 1968. Routine counting of ^{32}P in colored solutions from dry ashed plant sample utilizing Cerenkov radiation. Soil. Sci. Soc. Amerc. Proc. 32(5): 749-774.

