

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO SACARINO
(*Sorghum bicolor* (L) Moench) cv. BRANDS.
II. ABSORÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DO
RADIOFÓSFORO*

E. Malavolta**
A. Joechn***
C.A. Sansígolo***
D. Martins***
E.F. Costa***
I.A. Guerrini***
J.H. Ferreira***
L.C.R. Pessenda***
P.C.O. Trivelin***
S. Omae***
S.L.C. Carvalho***

RESUMO

Foi estudada a absorção radicular do radiofósforo sob influência do tempo de contato com a solução e da concentração externa.

-
- * Entregue para publicação em 14.09.1979, Com ajuda do BNDE, FAPESP, CNEN e CNPq.
** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz" e CENA, USP.
*** Estudantes de Pós-Graduação, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

Foi também estudada a absorção foliar dos fosfatos mono e diamônico isolados e em presença de uréia.

A redistribuição do P absorvido pelas raízes foi acompanhada através do fracionamento das formas de fósforo nos diversos órgãos da planta analisadas em diferentes períodos.

INTRODUÇÃO

HOAGLAND & BROYER (1936) num trabalho extremamente cuidadoso estabeleceram as técnicas fundamentais para estudos experimentais de absorção iônica por raízes destacadas. Os autores verificaram que, entre os fatores mais importantes para se obter sucesso nos experimentos de absorção eram:

- a. idade e desenvolvimento da planta;
- b. história nutricional dos tecidos das raízes;
- c. condições climáticas durante o desenvolvimento dos "seedlings".

A absorção de nutrientes ocorre, em grande parte, pelo processo ativo e é afetada por vários fatores como temperatura, pH do meio nutritivo, quantidade presente de outros ions no substrato, concentração iônica, idade da planta, características genéticas da planta, intensidade de crescimento, entre outros.

No metabolismo das plantas existe uma infinidade de reações em que participam muitos nutrientes. Envolvido em muitas dessas reações está o fósforo, o qual pode ser absorvido tanto pelas raízes como pelas folhas, preferencialmente como fosfato inorgânico (EPSTEIN, 1972).

Após a absorção pelas raízes o fósforo é translocado para as folhas via xilema, através da corrente transpiratória (BIDDULPH, 1941).

A absorção foliar se dá, principalmente através da cutícula (WITWER & TEUBNER, 1959).

O fósforo contido nas folhas oriundo da absorção radicular ou da aplicação foliar, é rapidamente incorporado a compostos orgânicos, particularmente em açúcares fosfatados, sendo estes translocados para outras partes via floema, se difundindo no xilema e novamente alcançando as folhas, através da transpiração, circulando assim facilmente dentro da planta (AHMED, 1963).

BIDDULPH (1941) observou em um experimento, que a direção inicial da migração do fósforo da folha de feijão era predominantemente de cima para baixo.

OLIVER (1952) detectou que o ^{32}P aplicado às folhas de feijão era absorvido e translocado para todas as partes da planta.

EPSTEIN & HAGEN (1952) estudando o mecanismo de absorção iônica por raízes destacadas de cevada, concluíram que a cinética da absorção era semelhante à da catálise enzimática explicada pela equação de Michaelis Menten que relaciona velocidade de catálise com concentração do substrato, portanto, por analogia, pode ser aplicado à velocidade de transporte iônico em função de sua concentração externa.

HAGEN & HOPKINS (1955) concluíram pelas análises cinéticas das taxas de absorção de fosfato por raízes destacadas de cevada que H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} são absorvidos através de sítios de diferentes afinidades.

DATTA & VYAS (1966) avaliaram a magnitude de contribuição nutricional usando aplicações foliares de fosfatos marcados com ^{32}P . Os fertilizantes usados foram superfosfato monocálcio, fosfato dicálcio e fosfato de amônio. Para as aplicações foliares o mais eficiente fertilizante foi o fosfato de amônio, seguido pelo fosfato monocálcio, dicálcio e superfosfato respectivamente.

YAMADA *et alii* (1965) pelos seus trabalhos concluíram que a absorção de nutrientes aumentava quando aplicados junto com uréia, isto devido a um aumento na permeabilidade da cutícula.

WITTWER *et alii* (1966) chegaram a mesma conclusão que é suficiente para explicar a grande eficiência da uréia como fonte de N, quando aplicada à folhagem, e também a aumentar a eficiência na absorção de outros materiais.

O presente trabalho se propõe a alcançar os seguintes objetivos:

1. estudar alguns fatores, que afetam a absorção iônica e radicular e foliar;
2. verificar a redistribuição do fósforo no sorgo sacarinao.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação e laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do CENA - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". O cultivar utilizado nos ensaios de absorção, translocação e redistribuição de P foi o sorgo sacarinao (*Sorghum bicolor* (L). variedade Brandes. Para obtenção das mudas, as sementes previamente desinfetadas, foram colocadas sobre vermiculita umedecida com uma solução de sulfato de cálcio $10^{-4}M$ numa bandeja plástica e recoberta com lcm do mesmo substrato. Após uma semana as plantas foram transplantadas para uma solução nutritiva arejada (solução nº 1 de Hoagland e Arnon diluída 1 + 5), contida numa bandeja plástica de 30 litros, com suporte para as plântulas.

Absorção radicular em função do tempo ou contato

Raízes destacadas - As raízes foram destacadas logo abaixo do colo, lavadas com água corrente e colocadas imediatamente em frascos de 200ml da solução de trabalho.

Essa solução continha 100ml de NaH_2PO_4 a 10^{-4}M ; 1ml de MgSO_4 a $2 \cdot 10^{-2}\text{M}$ e 1ml de $\text{NaH}_2 \text{}^{32}\text{PO}_4$ livre de carregador.

Os tratamentos, com 4 repetições, consistiram em deixar cerca de 1g de raízes em contato com a solução contendo ^{32}P por 10, 30, 180 e 240 min.

Em seguida as raízes foram retiradas da solução, lavadas 3 vezes com água destilada, colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 80°C . O material seco foi pesado, moído em almofariz e digerido com ácido nítrico-perclórico. O volume do extrato foi completado a 10ml, do transferiu-se uma alíquota de 1ml para uma cubeta de 8ml onde o material foi seco em estufa e levado para contagem.

A referência foi obtida transferindo-se 1ml de 2 repetições ao acaso para cubetas, onde foram secadas em estufas e contadas.

Os dados obtidos foram expressos em cpm (contagem por minuto).

Raízes de plantas inteiras - Os tratamentos, com 4 repetições consistiram em deixar as raízes das plantas inteiras em contato com a solução de trabalho, já descrita por 10, 30, 180 e 240 minutos.

Em seguida, as raízes foram lavadas 3 vezes com água destilada, separadas da parte aérea, colocadas em sacos de papel e secas em estufas a 80°C .

Para a contagem do material e referência, foi adotado o mesmo procedimento utilizado para as raízes destacadas.

Absorção radicular em função da concentração externa

Raízes destacadas - As raízes destacadas foram colocadas em frascos de 200ml contendo 100ml de NaH_2PO_4 a 10^{-7} , 10^{-5} , 10^{-3} , 10^{-1}M durante 180 minutos, sendo cada tratamento com 4 repetições. A cada repetição adicionou-se 1ml de $\text{NaH}_2 \text{}^{32}\text{PO}_4$ livre de carregador.

A seguir o experimento foi conduzido de maneira semelhante ao já descrito.

Raízes de plantas inteiras - As raízes de plantas inteiras foram colocadas em contato com 100ml de NaH_2PO_4 a 10^{-7} , 10^{-5} , 10^{-3} , 10^{-1}M , durante 180 minutos, sendo cada tratamento com 4 repetições. A cada repetição adicionou-se 1ml de $\text{NaH}_4 \text{ } ^{32}\text{P}\text{O}_4$ livre de carregador.

A seguir o experimento foi conduzido de maneira à vista.

Absorção foliar

Foram cultivadas durante 2 semanas em pré-tratamento 32 plantas sendo metade em solução nutritiva menos P e outra em solução +P.

A solução nutritiva foi preparada como mostrado no quadro abaixo:

Pré-tratamento	KNO_3 (M) ³	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (M)	MgSO_4 (M)	Solução a	Fe- EDTA	KH_2PO_4
-P	5ml/1	5ml/1	2ml/1	1ml/1	1ml/1	-
+P	5ml/1	5ml/1	2ml/1	1ml/1	1ml/1	1ml/1

Após o pré tratamento, foram feitas aplicações foliares, com 4 repetições, de fosfato monoamônico a 1% (MAP), fosfato diamônico a 1% (DAP), fosfato monoamônico a 1% + Uréia a 1% (MAP + U) e fosfato diamônico 1% + Uréia a 1% marcados com $\text{NaH}_2 \text{ } ^{32}\text{P}\text{O}_4$ livre de carregador.

Um ml da solução correspondente a cada tratamento foi aplicado com cotonete nas duas faces de uma folha recém madura.

Uma semana após as aplicações, as plantas foram colhidas e suas raízes enxugadas com papel toalha.

A planta foi subdividida em raiz, colmo, folha acima, folha abaixo e folha tratada, sendo a última lavada para eliminar o material não absorvido.

Rais amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa a 80°C, moídas em almofariz e digeridas em ácido nítrico-perclórico. Completou-se o volume do extrato a 10ml e dessa solução retirou-se uma alíquota de 1ml que foi colocada numa cubeta de 8ml, seca em estufa e levada para contagem.

Os dados obtidos foram expressos em cpm.

Redistribuição

Foram cultivadas durante 2 semanas em pré-tratamento 24 plantas sendo metade em solução nutritiva -P e a outra metade em solução +P.

A solução nutritiva, foi preparada como mostrado no quadro abaixo:

Tratamento	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	Solução a	Fe-EDTA	KH ₂ PO ₄
-P	5ml/1	5ml/1	2ml/1	1ml/1	1ml/1	-
+P	5ml/1	5ml/1	2ml/1	1ml/1	1ml/1	1ml/1

Após 2 semanas, estas plantas foram transplantadas para os seguintes tratamentos, com 4 repetições:

Tratamento	nº se- manas	KH_2PO_4 (M)	KNO_3 (M)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (M)	MgSO_4 (M)	Solução a	Fe- EDTA	$\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$
-P	2	-	5ml/1	5ml/1	2ml/1	1ml/1	1ml/1	5ml/1
+P	2	1ml/1	5ml/1	5ml/1	2ml/1	1ml/1	1ml/1	5ml/1

Em seguida as plantas foram transferidas para vasos com solução nutritiva -P +P sem ^{32}P . A primeira amostragem foi colhida após uma semana, e a 2a. amostragem 3 semanas depois desse tratamento. As plantas tratadas, foram subdivididas em raiz, colmo mais perfilho, folhas inferiores, folhas superiores, colocadas em sacos de papel, secas em estufa a 70-80°C, moídas em almofariz e guardadas em frasco com tampa plástica, para análise de ^{32}P solúvel em HAc e ^{32}P total.

A calibração foi feita com uma solução de referência de 1.110.000cpm/5ml.

Os dados obtidos foram expressos em cpm/gm.s.

Cinética da absorção

As absorções a diversas concentrações de P, pelas raízes destacadas e pelas raízes de plantas inteiras interpretadas segundo o mecanismo monofásico. Para isto empregou-se as médias dos dados experimentais na transformação de LINEWEAVER & BURK (1934).

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_{\max}} + \frac{K_m}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{M}$$

onde:

V = velocidade de absorção

V_{\max} = velocidade de absorção máxima

K_m = constante de MICHAELIS-MENTEN

M = concentração de P na solução

Essa equação corresponde a uma equação linear da forma:

$$Y = a + bx, \text{ sendo que:}$$

$$Y = \frac{1}{V}$$

$$X = \frac{1}{M}$$

Modelo estatístico

Os resultados de absorção radicular e foliar de P obtidos em todos os tratamentos empregados foram analisados segundo esquema estatístico inteiramente casualizado.

Nestas análises foram usados os testes de significância F e o teste de Tukey para determinar a diferença mínima significativa (dms).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Absorção radicular de fósforo em função do tempo de contato

Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas 1 e 2.

A análise estatística mostrou que as diferenças dos tratamentos foram altamente significativas.

As curvas de absorção e as funções analíticas que descrevem as curvas no intervalo de tempo 10 a 240 minutos são mostradas na Figura 1.

Para as raízes de plantas inteiras a absorção foi sempre crescente, ao passo que, para as raízes destacadas a absorção diminuiu após 180 minutos.

O valor limite é esperado para raízes destacadas, pois não havendo translocação não poderá haver absorção indefinidamente.

A absorção de P por raízes destacadas foi diferente da absorção de raízes de plantas inteiras.

As raízes destacadas apresentaram maior absorção de P em relação as raízes de plantas inteiras.

Absorção radicular de fósforo em função da concentração externa

Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

A análise estatística mostrou que as diferenças dos tratamentos foram significativas ao nível de 1%.

As curvas de absorção e as funções analíticas que descrevem as curvas no intervalo de concentração de 10^{-7} a 10^{-1} M são mostradas na Figura 2.

Verificou-se que houve um aumento na absorção de P com o aumento da concentração da solução.

Para o estudo da cinética de absorção na faixa de concentração empregadas, utilizou-se a transformação de Lineweaver e Burk e as constantes cinéticas V_{max} e K_m foram estimadas a partir das equações de regressão dos resultados.

Para raízes destacadas:

$$Y = 6,430 + 24,370 x$$
$$r^2 = 0,9944$$

de onde se obtêm $V_{max} = 0,16\mu\text{M/g h}$ e $K_m = 3,79\mu\text{M}$.

Para as raízes de plantas inteiras:

$$Y = 0,301 + 24,970 x$$
$$r^2 = 0,9996$$

de onde se obtêm $V_{max} = 3,33\mu\text{M/g h}$ e $K_m = 83,07\mu\text{M}$.

Absorção foliar

Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

Foi observada uma diferença altamente significativa entre os pré-tratamentos +P e -P independente dos tratamentos. Resultado parecido fora obtido por HOAGLAND & BROYER (1936) os quais concluíram que células radiculares não acumulavam ativamente se já contivessem alta concentração salina.

A análise de variância dos resultados no pré-tratamento -P mostra que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, houve diferença significativa entre os tratamentos no pré-tratamento +P.

Os resultados não estão de acordo com BOYTON (1954), segundo o qual o DAP é o composto absorvido com maiores velocidades e em maiores quantidades. Os valores maiores para DAP são explicados por MALAVOLTA (1979) pela relação entre o ^{32}P total que no MAP é menor que em DAP.

Não foi significativo o efeito da uréia na absorção de P, em ambos pré-tratamentos, discordando dos resultados obtidos por YAMADA *et alii* (1965) e WITTWER *et alii* (1966).

Foi altamente significativa a diferença entre os órgãos nos 4 tratamentos. No pré-tratamento -P a uréia facilitou a translocação do P da folha tratada para os outros órgãos da planta.

Redistribuição

Os resultados obtidos no ensaio de redistribuição estão nas Tabelas 9, 10 e 11.

Observou-se uma diferença na quantidade de P absorvido em relação aos pré-tratamentos +P e -P. A maior absorção ocorreu no pré-tratamento -P.

Verificou-se que o teor de P solúvel nas raízes foi menor na 2a. amostragem o qual correspondeu a um aumento na parte aérea indicando uma translocação do mesmo.

No pré-tratamento -P, as maiores concentrações de P solúvel foram observadas nas regiões de alta atividade metabólica, ou seja, nas folhas superiores, concordando com os resultados obtidos por ROBERTSON (1951).

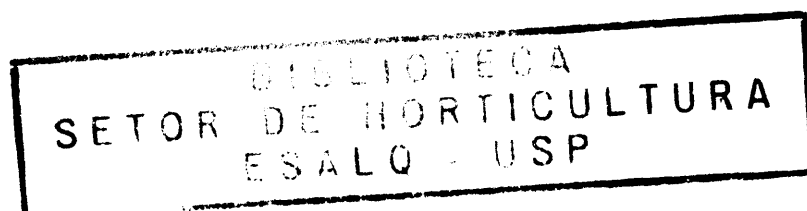
Uma transformação rápida do P solúvel foi observada, indicando que em apenas uma semana, cerca de 70% do P absorvido já se encontrava na parte aérea, resultado que não se alterou na 3a. semana para o pré-tratamento -P e passou a 80% para o +P, confirmando os resultados obtidos por BIDDULTH (1941) sobre esta rápida translocação.

Com relação ao P total, no pré-tratamento -P, as concentrações encontradas nos órgãos não diferiram em relação as duas amostragens. No pré-tratamento +P, notou-se um aumento nas concentrações das folhas inferiores e superiores, em relação a 1a. e 2a. amostragens, indicando uma maior translocação para esses órgãos da planta.

RESUMO E CONCLUSÕES

Nos experimentos aqui descritos foram estudados os seguintes aspectos relacionados com a nutrição fosfatada do sorgo sacarino: absorção do radiofósforo em função do tempo e da concentração iônica externa; absorção foliar comparada dos fosfatos mono e diamônico em presença e ausência de uréia; redistribuição do P previamente acumulado. A análise dos dados obtidos permitiu tirar as seguintes conclusões.

- i) A absorção radicular do P aumentou com o tempo, sendo maior para raízes destacadas.
- ii) Houve um aumento na absorção de P, com o aumento da concentração externa, sendo maior para raízes destacadas.
- iii) Os resultados de absorção radicular seguiram a cinética simples de Michaelis e Menten.
- iv) As constantes cinéticas V_{max} e K_m foram diferentes para raízes destacadas e raízes de plantas inteiras.



- v) Não houve diferença na absorção de P entre MAP e DAP.
- vi) As plantas deficientes em P, mostraram maior absorção pelas folhas que as normais.
- vii) A uréia não facilitou a absorção de P.
- viii) A translocação do P solúvel foi rápida e se deu para as partes de maior atividade metabólica.
- ix) As plantas deficientes em P, mostraram uma maior absorção e translocação.

SUMMARY

STUDIES ON THE MINERAL NUTRITION OF SWEET SORGHUM. II. UPTAKE AND REDISTRIBUTION OF RADIOPHOSPHATE

This paper deals with the following aspects of the phosphatic nutrition of sweet sorghum: absorption of radiophosphate as influenced by time of uptake and external concentration; comparative foliar absorption of monoammonium and diammonium phosphate both in the presence and absence of urea; redistribution of previously absorbed and stored phosphate. Data obtained herewith allowed for the following conclusions to be drawn:

- (1) root absorption increased with time of contact, being higher in the case of excised when compared to roots in intact plants;
- (2) Michaelis and Menten kinetics are applicable to root uptake, the parameters being different for the two types of root material;
- (3) the two ammonium phosphates showed the same rate of uptake, which was not influenced by urea;

- (4) P deficient plants showed higher rates of uptake and translocation.

COLABORAÇÃO

Os seguintes estudantes de pós-graduação são co-autores do trabalho: E.L.M.Coutinho, G.C.Vitti, N.O.Alejo, N. J.Novaes, V.L.Furlani Neto, L.H.I. Nakayama, A.P. Camarão, E.Lima, J.H.A. Araújo, D.H.Silva, M.B.Rodrigues, F.A.Fernandes, A.A.C.Lima, C.Manechini, C.M.Haddad, H.E.P. Martinez, J.W.Lemos, J.B.O.X.Menezes, J.C.G.Oliveira, L.M.B.F. Jardim, M.A.de Oliveira, O.M.Carvalho F^o, R.M.Pfeifer, S. F.Jorge, J.A.da Silveira, L.Barbosa, S.T.Cassini, W.Mattos, Z.Tenório, E.J.C.Pereira, D.J.A.Silva, J.A.Almeida, J. C. Heinklen, H.Weber, M.R.S.Rodrigues, M.M.Ferreira, R. M. Schunke.

LITERATURA CITADA

- AHMED, R., 1963. Absorption and distribution of radioactive phosphorus and calcium in the bean plants. *Ann. Bot.* 27: 513-515.
- BIDDULPH, O., 1941. Diurnal migration of injected radiophosphorus from bean leaves. *Amer. J. Bot.* 28:348-352.
- BOYTON, D., 1954. Nutrition by foliar application. *Ann. Plant Physiol.* 5:31.
- DATTA, N.P.; VYAS, K.K., 1966. Uptake and utilization of phosphorus by maize from foliar sprays. In: IAEA, eds., *Isotopes and radiation in plant nutrition and physiology*, Vienna.
- EPSTEIN, E.; HAGEN, C.E., 1952. A kinetic study of the absorption of alkali cations by barley roots. *Plant Physiol.* 27:457-474.

- EPSTEIN, E., 1972. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Trad. e notas de E.Malavolta. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 341 p.
- HAGEN, C.E.; HOPKINS, H.T., 1955. Ionic species in orthophosphate absorption by barley roots. *Plant Physiol.* 30:193-199.
- HOAGLAND, D.R.; BROYER, T.C., 1936. General nature of the process of salt accumulation by roots with description of experimental methods. *Plant Physiol.* 11(3):471-507.
- MALAVOLTA, E., 1979. Absorção e redistribuição do radiofósforo em *Sorghum bicolor*. Apostila do C.P.G. de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ-Piracicaba-SP.
- OLIVER, W.F., 1952. Absorption and translocation of phosphorus by foliage. *Sci. Agr.* 32:427-432.
- ROBERTSON, R.N., 1951. Mechanism of absorption and transport of inorganic nutrients in plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 2, p.1-24.
- WITTWER, S.H.; TEUBNER, F.G., 1959. Foliar absorption of mineral nutrients. *Ann.Rev.Plant Physiol.* 10:13-32.
- WITTWER, S.W. *et alii*, 1966. Pathways and mechanisms for foliar absorption of mineral nutrients as revealed by radioisotopes. In: IAEA eds., *Isotopes and radiation in soil plant nutrition studies*, Vienna, Anais, IAEA, p.387-401.
- YAMADA, Y.; JYUNG, W.H.; WITTWER, S.H.; BUKOVAC, M.J., 1965. The effects of urea on ion penetration through isolated cuticular membranes and ion uptake by leaf cells. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 87:429-432.

Tabela 1 - Efeito do tempo na absorção radicular do ^{32}P por raízes destacadas de sorgo sacarino.
Concentração externa: NaH_2PO_4 10^{-4}M

Tempo (minutos)	μ moles P/g m.s.				média μ moles P/ g m.s.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
10	0,20	0,32	0,30	0,27	0,27
30	0,37	0,52	0,35	0,32	0,39
180	6,49	6,97	7,10	6,57	6,78
240	4,38	2,52	3,84	3,74	3,62

F = 213,85**
dms = 1,16
CV = 15,30%

Tabela 2 - Efeito do tempo na absorção radicular do ^{32}P por raízes de plantas inteiras de sorgo sacarino.
Concentração externa: NaH_2PO_4 10^{-4}M

Tempo (minutos)	μ moles P/g m.s.				média μ moles P/ g m.s.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
10	0,51	0,32	0,26	0,31	0,35
30	0,62	0,54	0,48	0,51	0,54
180	1,87	1,90	1,65	1,73	1,79
240	4,16	3,43	3,97	3,84	3,85

F = 334,07**
dms = 0,48
CV = 10,80%

Tabela 3 - Efeito da concentração externa na absorção radicular do ^{32}P por raízes destacadas de sorgo sacarino. Tempo: 180 minutos

Conc.da solução (M)	μ moles p/g m.s.				média μ moles p/ g m.s.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
10 ⁻⁷	0,013	0,013	0,013	0,013	0,01
10 ⁻⁵	0,168	0,125	0,131	0,131	0,14
10 ⁻³	10,088	9,637	9,840	8,197	9,44
10 ⁻¹	128.506	95,585	109,378	122,236	113,93

F = 231,04**
dms = 20,10
CV = 23,67%

Tabela 4 - Efeito da concentração na absorção radicular do ^{32}P por raízes de plantas inteiras de sorgo sacarino. Tempo: 180 minutos

Conc.da solução (M)	μ moles P/g m.s.				média μ moles P/ g m.s.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
10 ⁻⁷	0,010	0,012	0,013	0,014	0,01
10 ⁻⁵	0,511	0,647	0,495	0,531	0,55
10 ⁻³	6,573	7,054	7,609	7,900	7,28
10 ⁻¹	107,718	135,447	93,024	144,649	120,21

F = 196,47**
dms = 32,98
CV = 37,46%

Tabela 5 - Absorção e redistribuição de P em aplicações foliares de MAP 1% marcado com ^{32}P

a. Pré-tratamento menos P

Órgão	cpm				Média (cpm)	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	22340	54400	49850	22130	37180	17,44
Colmo	22800	11200	17900	10640	18130	8,50
Fls.acima	33780	35010	36000	56460	40310	18,91
Fos.tratadas	1460	6440	1350	2690	2990	1,40
Fls.abaixo	9580	5630	3040	1570	4960	2,32
Total						48,57

1 ml referência: 213.108 cpm

Teste F = 13,27**

dms = 26.704

CV = 46,38%

b. Pré-tratamento mais P

Órgão	cpm				Média	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	7500	8130	5170	6010	6702	3,14
Colmo	16470	11940	24370	19820	18150	8,15
Fls.acima	19770	17020	10090	17550	16107	7,55
Fls.tratadas	30920	25090	38470	28150	30657	14,38
Fls.abaixo	2380	1280	1340	1090	1522	0,71
Total						34,29

F = 31,59**

dms = 11.127

CV = 27,36%

Tabela 6 - Absorção e redistribuição de P em aplicações foliares de DAP 1% marcado com ^{32}P .

a. Pré-tratamento menos P

Órgão	cpm				Média	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	41020	19120	21010	15720	24217	11,36
Colmo	20300	22800	23050	25250	22850	10,72
Fl.acima	11320	7200	12010	9810	10085	4,73
Fls.tratadas	21240	25780	28140	28400	25890	12,14
Fl.abaixo	27060	18140	19130	30620	23737	11,13
Total						50,08

F = 4,38**
dms = 16,997
CV = 28,63%

b. Pré-tratamento mais P

Órgão	cpm				Média	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	7780	2760	6180	5050	5442	2,55
Colmo	14880	25210	27780	24090	22990	10,78
Fl.acima	6130	3440	4240	5130	4735	2,22
Fls.tratadas	39330	38710	49080	37010	41032	19,25
Fl.abaixo	2020	1490	6350	3900	3440	1,61
Total						36,41

F = 74,46**
dms = 10539
CV = 24,42%

Tabela 7 - Absorção e redistribuição de P em aplicações foliares de MAP 1% + Uréia 1% marcado com ^{32}P

a. Pré-tratamento menos P

Órgão	cpm				Média	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	30150	15010	18400	20700	21065	9,88
Colmo	13980	15180	18050	16780	15997	7,50
Fls.acima	37010	28160	35010	31050	32807	15,39
Fls.tratadas	18440	12380	15080	16960	15715	7,37
Fls.abaixo	1780	2050	2480	2810	2280	1,06
Total						41,10

F = 35,54**
dms = 10.260
CV = 21,00%

b. Pré-tratamento mais P

Órgão	cpm				Média	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	5900	4150	5080	2860	4497	2,10
Colmo	16010	31010	18800	16500	20580	9,65
Fls.acima	30100	36010	28410	14010	27132	12,73
Fls.tratadas	3570	4570	2040	2010	3047	1,42
Fls.abaixo	1130	1910	3150	2070	2065	0,96
Total						28,86

F = 19,03**
dms = 14759
CV = 46,31%

Tabela 8 - Absorção e redistribuição de P em aplicações foliares de DAP 1% + Uréia 1%, marcado com ^{32}P

a. Pré-tratamento menos P

Órgão	cpm				Média	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	8050	12400	11090	7400	9735	4,56
Colmo	31450	25800	23050	26190	26622	12,49
Fls.acima	20700	22050	31540	24240	24633	11,55
Fls.tratadas	23050	26780	37350	30620	29450	13,81
Fls.abaixo	24090	35410	23010	19010	25380	11,90
Total						54,31

F = 9,32**
dms = 14075
CV = 21,86%

b. Pré-tratamento mais P

Órgão	cpm				Média	%P absorv. P fornec.
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Raiz	4080	8040	5090	5090	5575	2,61
Colmo	21050	22000	10010	18090	17787	8,34
Fls.acima	25080	23050	17050	19010	21047	9,87
Fls.tratadas	21050	21090	8090	9090	14830	6,95
Fls.abaixo	12090	13010	11090	9080	11317	5,31
Total						33,08

F = 7,07**
dms = 12.493
CV = 31,85%

Tabela 9 - Absorção radicular e redistribuição do ³²P em sorgo sacarino

Pré- treat- mento	nº de mane- ras	Rep	raiz		colmo		folha inferior		folha superior					
			g m.s. HAc total	1000 cpm	g m.s. HAc total	1000 cpm	g m.s. HAc total	1000 cpm	g m.s. HAc total	1000 cpm				
-P	1	1	2,0	109	150	2,8	55	66	1,5	36	50	2,0	51	213
			0,9	47	89	1,3	29	33	0,5	14	25	0,5	37	74
-P	3	1	2,4	139	198	4,1	108	119	1,5	28	36	1,7	91	176
			2,8	112	225	4,4	124	149	1,6	32	58	1,6	86	185
+P	1	1	1,1	46	77	1,4	69	95	0,6	17	21	1,3	22	75
			1,5	76	111	2,6	113	125	0,8	23	33	2,1	45	139
+P	3	1	2,7	97	125	6,9	374	409	2,6	101	194	1,9	42	139
			2,3	87	111	5,2	232	245	1,5	91	127	3,2	68	214

Tabela 10 - Porcentagem de ^{32}P absorvido por grama de material em relação ao ^{32}P fornecido

Pré- tamento	nº se- mana	Raiz		Colmo		Folha inferior		Folha superior									
		$\% \text{P abs/P forn.}$		$\% \text{P abs/P forn.}$		$\% \text{P abs/P forn.}$		$\% \text{P abs/P forn.}$									
		HAc	total	HAc	total	HAc	total	HAc	total								
-P	1	53,4	86,94	4,81	7,83	24,90	48,95	2,24	4,41	26,00	41,65	2,34	3,75	49,75	127,25	4,48	11,46
-P	3	48,96	81,43	4,41	7,34	27,26	31,44	2,46	2,83	19,38	30,13	1,75	2,71	53,64	112,81	4,83	10,16
+P	1	46,24	72,00	4,17	6,49	46,38	57,97	4,18	5,22	28,54	38,13	2,57	3,43	19,17	61,94	1,73	5,58
+P	3	36,88	47,28	3,32	4,28	49,41	53,20	4,45	4,79	49,76	79,64	4,48	7,16	21,68	70,02	1,95	6,31

Tabela 11 - Porcentagem de P translocado em relação ao P absorvido

Pré- trata- mento	nº se- mana	1000 cpm [média HAC	1000 cpm [média total	% P translocado em relação P absorvido							
				Raiz		Colmo		Folha sup.			
				HAC	total	HAC	total	HAC	total		
-P	1	154,05	304,79	34,66	28,52	16,16	16,06	16,66	13,67	32,29	41,79
-P	3	149,24	155,81	32,81	31,83	18,27	12,29	12,89	11,78	35,94	44,10
+P	1	140,33	230,04	32,95	31,30	33,05	25,20	20,34	16,58	13,66	26,93
+P	3	157,73	248,14	23,38	18,98	31,33	21,35	31,55	31,97	13,75	28,11

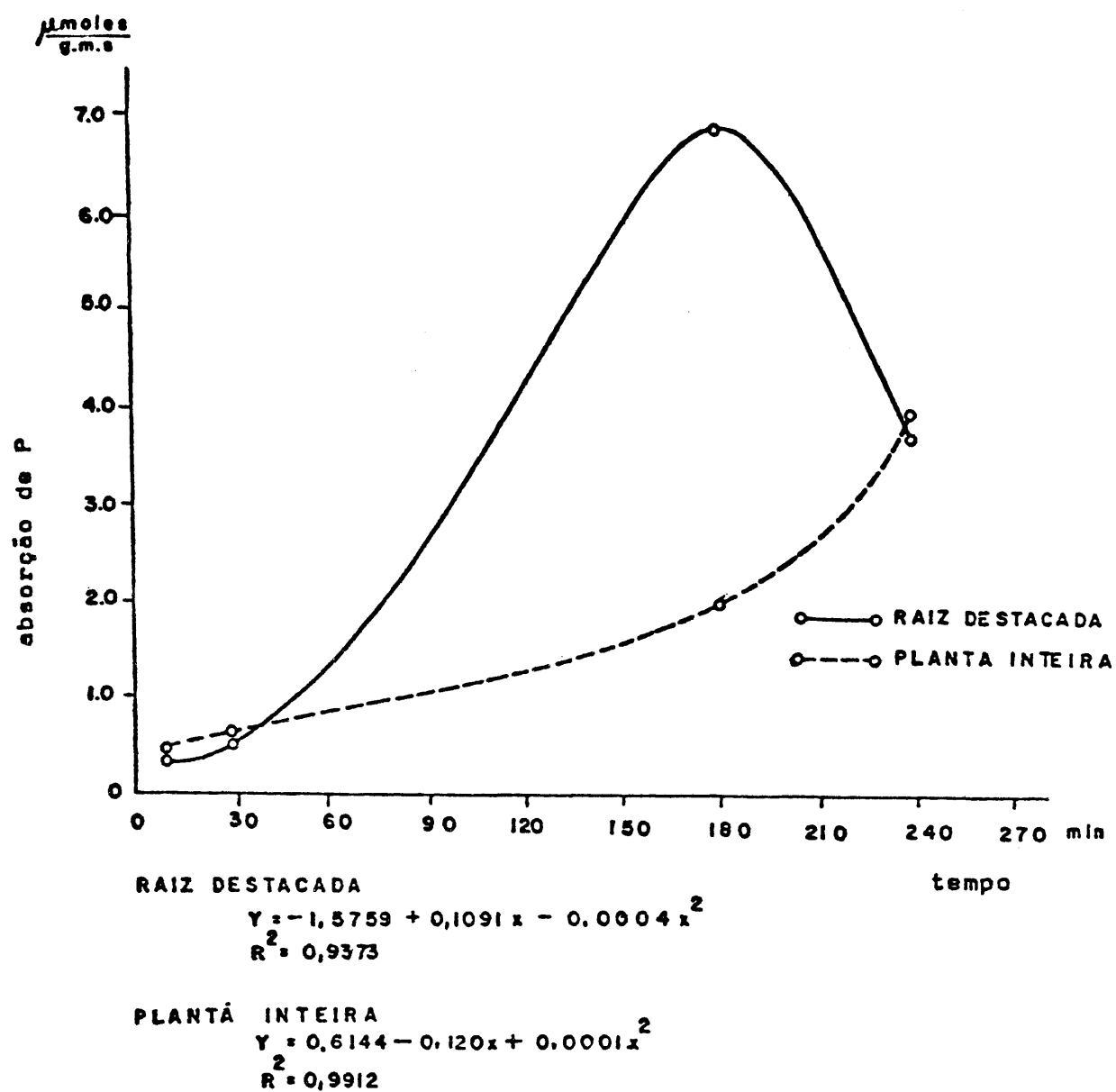


Figura 1 - Absorção de P por raízes destacadas e raízes de planta inteira por sorgo sacarino em função do tempo

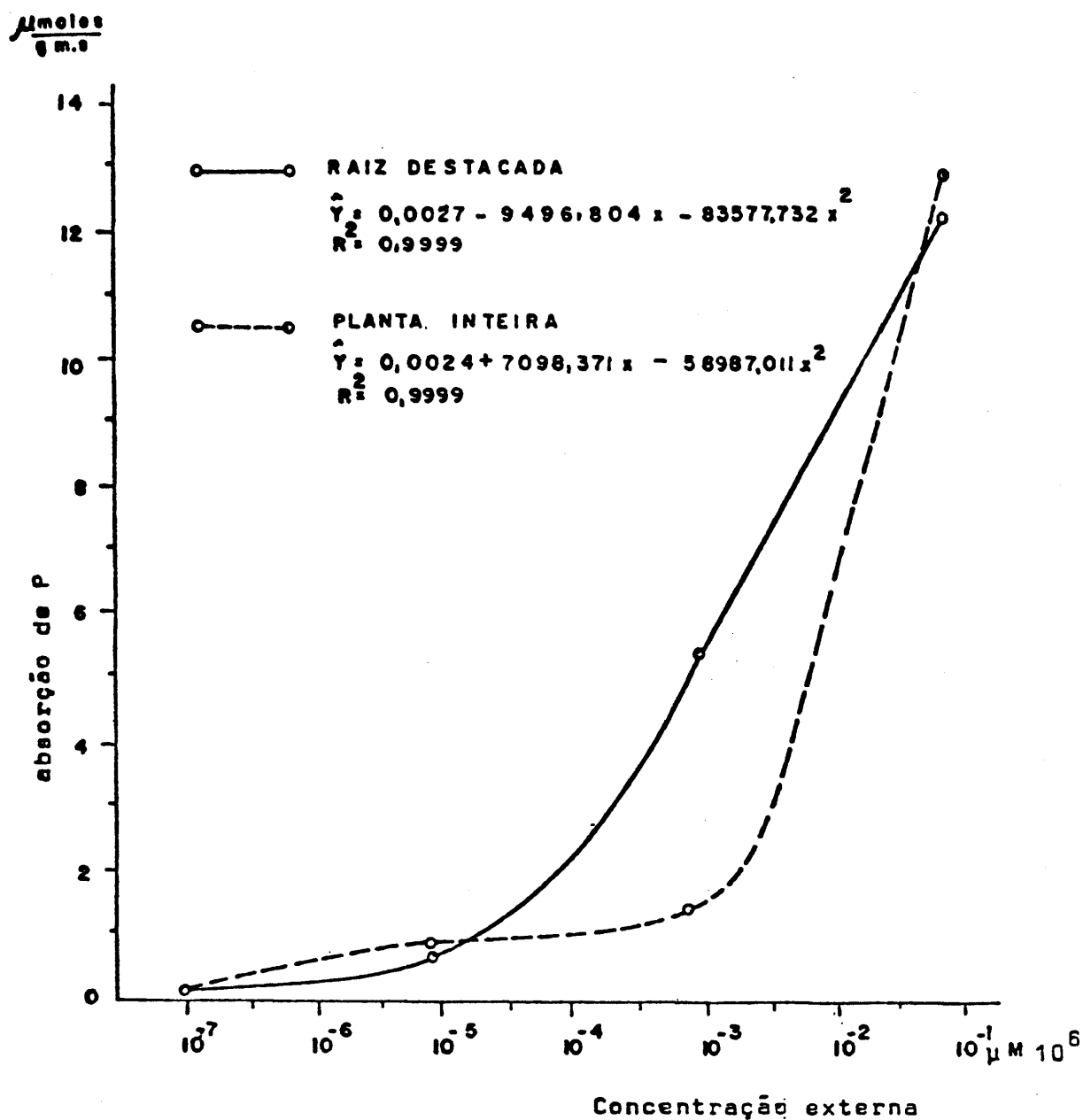


Figura 2 - Absorção de P por raízes destacadas e raízes de plantas inteiras de sorgo sacarino em função da concentração externa

