

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ.  
XV. ABSORÇÃO RADICULAR E FOLIAR DO RADIOFÓSFORO PELAS VARIE-  
DADES IAC-47 e IAC-435 \*

E. MALAVOLTA \*\*  
A.M. DE ALMEIDA \*\*\*,  
E.A. FERNANDES \*\*\*,  
I.F. MOTA \*\*\*,  
J. MENECHINO JÚNIOR \*\*\*,  
M.M.P. PETRECHEN\*\*\*,  
R. GOTO \*\*\*

*RESUMO*

Foram estudados os efeitos do tempo e da concentração iônica externa na absorção do radiofósforo por raízes destacadas e por plantas inteiras de arroz das variedades IAC-47 (sequeiro) e IAC-435 (irrigado). No intervalo de 30 a 180 min. houve linearidade na absorção. O valor de km para as duas variedades foi o mesmo sendo, porém, menor quando se empregaram raízes destacadas. Não se encontrou diferença significativa na absorção foliar do fosfato monoamônico ou diamônico em ausência ou em presença de uréia.

---

\* Com ajuda da FAPESP, CNPq e CNEN. Entregue para publicação em 23/12/1981.

\*\* Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

\*\*\* Estudantes de Pós-Graduação, Fac. Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, SP.

## INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos sobre absorção iônica datam do início do século XX, quando HOAGLAND & BROYER (1936) fizeram vários experimentos clássicos analisando o suco celular da alga doce *Nitela clavatta*.

Os mesmos autores publicaram trabalhos com raízes de cevada, destacadas de plantas com 3 semanas de idade cultivadas em solução diluída. As raízes destacadas foram preferidas às plantas inteiras pois nestas haveria transporte de parte do absorvido para a parte aérea, a qual, além disso, poderia influenciar o processo de absorção. Como os ensaios tinham curta duração admite-se que a ausência da parte aérea não fosse um fator a considerar nas conclusões relativas à absorção propriamente dita.

Através dos estudos feitos sobre os mecanismos de absorção iônica por células vegetais em algas, raízes de cevada e outras gramíneas, tecido de reserva e em tecido foliar de algumas espécies, pode-se concluir que o transporte iônico em células vegetais ocorre em grande parte por processo metabolicamente ativo, havendo necessidade de energia respiratória. Vários fatores como temperatura, pH do meio nutritivo, quantidade de presentes de outros íons no substrato, concentração iônica, idade da planta, características genéticas da mesma, intensidade de crescimento, entre outros afetam a absorção de nutrientes.

A maioria das plantas passam por períodos críticos durante a floração e posterior frutificação, quando então a exigência em nutrientes é elevada e a disponibilidade dos mesmos no solo é baixa ou se encontra em níveis mínimos. A técnica dos radioisótopos tem mostrado que nesses períodos críticos as folhas podem suplementar a função das raízes como órgão de absorção de elementos nutritivos (CROCOMO *et alii*, 1965).

Dentre os elementos que podem ser absorvidos tanto por via radicular como foliar, encontra-se o fósforo, que é um dos macronutrientes essenciais pelo seu papel nos fenômenos de armazenamento e transferência de energia. Além disso, o fósforo

participa da composição de diferentes substâncias com diversas funções na vida da planta.

Segundo EPSTEIN (1975) o fósforo é absorvido preferencialmente na forma inorgânica.

MALAVOLTA *et alii* (1959), testando diversos modos de aplicação de adubo fosfatado marcado com radiofósforo em caféiro, observaram que a pulverização foliar do fertilizante foi mais eficiente. Resultados semelhantes foram obtidos por WITTWER & LUNDAHL (1951), citado por CROCOMO *et alii* (1965), em cultura de tomate.

RESNIK *et alii* (1977) estudaram a absorção de fosfato de diferentes tipos de raízes de várias plantas, observaram que a absorção aumentou com o tempo, principalmente sob condições de várias concentrações de fósforo.

A velocidade de absorção de um elemento depende da forma em que esteja no caso do N a absorção do N amido da uréia é mais rápida que a do N nítrico e a deste é maior do que a do N amoniacal (MALAVOLTA, 1980). Dos fertilizantes fosfatados, o mais eficiente em aplicações foliares foi o fosfato de amônio, seguido pelo fosfato monocálcio, dicálcio e superfosfato DATTA & VYAS, 1966.

A absorção foliar se dá principalmente, através da cutícula (WITTWER & TEUBNER, 1959). Os pesquisadores Yamada *et alii* (1965), Wittwer (1966) citados por MALAVOLTA *et alii* (1979) & MALAVOLTA (1980) concluíram que a absorção foliar de nutrientes aumentava quando aplicados junto com uréia, isto devido a um aumento na permeabilidade da cutícula.

Segundo BAR-YOSEF (1971), há uma relação direta entre uma maior concentração de fósforo na solução externa e o aumento na absorção desse elemento pelas raízes, ocorrendo um ponto de saturação onde a velocidade de absorção torna-se constante, o que concorda com ADRIANO *et alii* (1972).

MALAVOLTA *et alii* (1979) estudaram a absorção e redistribuição de radiofósforo em sorgo sacarino mostrando que as raízes destacadas absorvem mais P, principalmente na maior con

centração externa, não havendo diferença na absorção foliar de P do fosfato mono e diamônico, isolados e em presença de uréia.

Certos íons necessitam de cooperação de outros para poder ser translocados dentro da planta. Assim, a translocação de fósforo medida com radiofósforo em plântulas de cevada é estimulada por determinados níveis de magnésio (CROCOMO *et alii*, 1965).

BIDDULPH (1941) constatou que após a absorção pelas raízes o fósforo é translocado para as folhas via xilema, através de corrente transpiratória. Esse mesmo autor observou que a direção inicial da migração do fósforo da folha de feijão era predominantemente de cima para baixo.

OLIVER (1952), citado por MALAVOLTA *et alii* (1979), detectou que o  $P^{32}$  aplicado às folhas de feijão era absorvido e translocado para todas as partes da planta.

Muitos experimentos sobre a relação entre a concentração de um íonio e as velocidades de absorção deram resultados de acordo com a cinética de Michaelis-Menten (EPS - TEIN, 1975). Os pesquisadores Epstein & Hagen (1952) citados por MALAVOLTA *et alii* (1979), 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 de substrato, portanto, por analogia, pode ser aplicado à velocidade de transporte iônico em função de sua concentração externa.

HAGEN & HOPKINS (1955) concluíram pelas análises das taxas de absorção de fosfato por raízes destacadas de cevada, que  $H_2PO_4^-$  e  $HP0_4^-$  são absorvidos através de sítios de diferentes afinidades.

MALAVOLTA *et alii* (1979), trabalhando com sorgo sacari no constataram que os resultados de absorção radicular seguiram a cinética simples de Michaelis-Menten e que as constantes  $V_{max}$  e  $km$  foram diferentes para raízes destacadas e raízes de plantas inteiras.

O presente trabalho tem por objetivos:

- estudar alguns fatores que afetam a absorção iônica radicular e foliar;
- comparar o comportamento de dois cultivares de arroz: IAC-47 (sequeiro) e IAC-435 (irrigado).

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio teve início em março, sendo conduzido em casa de vegetação e no laboratório do Departamento de Solos, na Fazenda Experimental "Presidente Médici", da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, "Campus" de Botucatu. Os cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) utilizadas foram IAC-47 (de sequeiro) e IAC-435 (irrigado). As sementes previamente desinfetadas durante 5 minutos com hipoclorito de sódio (água sanitária) diluído a 1 + 10 e lavadas 3 vezes com água destilada foram postas para germinar em um recipiente contendo vermiculita umedecida com uma solução de sulfato de cálcio  $10^{-4}$  M e foram regadas com solução nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) diluída a 1 + 5. Duas semanas depois foram transplantadas para bandejas de 30 litros de capacidade contendo a referida solução, cujo pH foi ajustado para 5,5 e após uma semana este foi corrigido através de 10 ml de  $\text{KNO}_3$  e 5 ml de  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , adicionando-se 30 ml de Fe - EDTA.

Aos 21 dias do transplante, foi renovada a solução nutritiva e ajustado o pH por meio de uma solução de hidróxido de sódio na dosagem de 10 ml para a variedade IAC-47 e 5 ml para a IAC-435.

O delineamento experimental utilizado nestes ensaios foi em blocos inteiramente casualizado.

### *Efeito do tempo na absorção radicular*

Os tratamentos, com 3 repetições, utilizando-se raízes

destacadas (com um corte feito logo abaixo do colo) e plantas inteiras, foram constituídos de imersão em frascos durante 15, 30, 180 e 240 minutos em solução de 100 ml de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  a  $10^{-4}$  M, 1 ml de  $\text{MgSO}_4$   $2 \times 10^{-2}$  e 1 ml de  $\text{NaH}_2\text{P}^{32}\text{O}_4$  livre carregador.

Terminado o período do tratamento, a solução foi derramada diretamente na pia sob água corrente e substituída por mais ou menos 100 ml de água destilada, agitou-se durante 1 minuto, repetindo-se a operação por 3 vezes.

O material foi levado para estufa de secagem a  $70-80^\circ\text{C}$  e depois de seco foi pesado e diluído em 2 ml de  $\text{HNO}_3$  e 0,5 ml  $\text{HClO}_4$ , após o que foram adicionados 9 ml de água destilada. No caso de plantas inteiras separou-se antes a raiz da parte aérea.

Fez-se então a contagem por minuto (cpm), utilizando-se o escalímetro com contador G-M (Geiger-Muller) de janela fina.

Os resultados foram expressos em micromoles de P por g de matéria seca de raiz.

#### *Efeito da concentração iônica externa na absorção radicular*

Os tratamentos com 4 repetições foram constituído de uma solução composta de 100 ml de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  a  $10^{-8}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-4}$  e  $10^{-2}$  M; 1 ml de  $\text{MgSO}_4$  a  $2 \times 10^{-2}$  M e 1 ml de  $\text{NaH}_2\text{P}^{32}\text{O}_4$  livre carregador, na qual foram colocadas plantas inteiras e raízes destacadas durante 180 minutos.

As demais operações foram semelhantes às descritas anteriormente.

#### *Absorção radicular e foliar*

Após 41 dias de cultivo na solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1960), 48 plantas, isto é, 24 pares, foram transplantadas para vasos com capacidade de 1 litro. Feito o

transplante foram feitos os seguintes tratamentos com duas repetições: fosfato monoamônio a 1% (MAP), fosfato diamônico a 1% (DAP), fosfato monoamônico a 1% + uréia (MAP + U) e fosfato diamônico 1% + uréia (DAP + U); todos marcados com  $\text{NaH}_2\text{P}^{32}\text{O}_4$  livre carregador.

Um ml de solução de cada tratamento foi aplicada com um cotonete nas duas faces de uma folha recém madura (folha mediana), previamente marcada com barbante em torno do pecíolo.

As plantas foram colhidas e tiveram suas partes separadas em raízes, caule, folha tratada (mediana) e folha acima e abaixo de tratada.

Folhas e raízes tratadas foram lavadas para eliminar o material adsorvido, conforme metodologia citada em "efeito do tempo na absorção radicular".

#### *Cinética da absorção*

Foram utilizadas as médias dos danos obtidos na Transformação 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 máxima de absorção

$k_m$  = constante de Michaelis-Menten

$M$  = concentração externa de P.

Essa equação corresponde a uma equação linear:

$$Y = a + bx \quad \text{onde:}$$

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

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

Tabela 1 - Absorção do  $^{32}\text{P}$  por raízes destacadas de arroz (*O. sativa* L.) em função do tempo

Variedade	Tempo (min)	cpm	Matéria seca (g)	cpm/g matéria seca	$\mu\text{M/g}$ matéria seca	$\bar{M}$
IAC-47	15	354	0,0555	11567,57	0,9017	0,8989
		520	0,0779	12503,21	0,9746	
		384	0,0667	10524,74	0,8204	
IAC-435		343	0,0484	12809,92	0,9986	1,0968
		444	0,0574	14320,56	1,1163	
		410	0,0500	15080,00	1,1755	
IAC-47	30	422	0,0407	19115,48	1,4901	1,5180
		321	0,0312	18461,54	1,4391	
		429	0,0380	20842,10	1,6247	
IAC-435		607	0,0593	19359,19	1,5091	1,7836
		699	0,0575	23165,22	1,8058	
		652	0,0474	26118,14	2,0360	
IAC-47	180	1421	0,0472	58813,56	4,5846	4,7474
		1864	0,0529	69224,95	5,3962	
		853	0,0300	54666,67	4,2614	
IAC-435		1772	0,0477	72914,05	5,6838	5,1789
		1419	0,0445	62292,13	4,8558	
IAC-47	240	1985	0,0309	126343,04	9,8487	8,6831
		2349	0,0488	94918,03	7,3990	
			0,0443	112911,96	8,8017	
IAC-435		2887	0,0532	107293,23	8,3051	6,6520
		1512	0,0432	68472,22	5,3375	
		1584	0,0383	80992,17	6,3135	



Tabela 2 - Absorção do  $^{32}\text{P}$  por raízes de plantas inteiras de arroz (*O. sativa* L.) em função do tempo

Variedade	Tempo (min)	cpm	Matéria seca (g)	cpm/g matéria seca	$\mu\text{M/g}$ matéria seca	$\bar{M}$
IAC-47	15	588	0,0566	19611,31	1,5287	1,6266
		528	0,0504	19642,86	1,5312	
		856	0,0705	23347,52	1,8200	
IAC-435		363	0,0373	17694,37	1,3793	1,3694
		516	0,0583	16569,47	1,2916	
		517	0,0525	18438,10	1,4373	
IAC-47	30	736	0,0519	27090,56	2,1118	2,1682
		887	0,0640	26687,5	2,0803	
		917	0,0596	29664,43	2,3124	
IAC-435		695	0,0588	22517,01	1,7552	1,7549
		675	0,0586	21911,26	1,7080	
		761	0,0630	23111,11	1,8016	
IAC-47	180	1780	0,0599	58330,55	4,5470	5,6763
		2743	0,0693	78210,68	6,0967	
		2300	0,0553	81989,15	6,3912	
IAC-435		1963	0,0467	82655,25	6,4431	5,4922
		1921	0,0603	62620,23	4,8814	
		2333	0,0696	66091,95	5,1520	
IAC-47	240	3289	0,0683	95344,07	7,4323	7,3298
		2631	0,0599	86744,57	6,7619	
		2958	0,0585	100000,00	7,7952	
IAC-435		2843	0,0712	78932,58	6,1530	5,8220
		2945	0,0838	69498,81	5,4176	
		2317	0,0604	75629,14	5,8954	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Efeito do tempo na absorção radicular*

De acordo com as Tabelas 3 e 4 observou-se na absorção radicular do  $P^{32}$ , tanto por raízes destacadas como por raízes de plantas inteiras, que ocorreu diferença significativa nos tempos de absorção entre 30 e 180 minutos e entre estes e 240 minutos. Não diferiram significativamente entre si os tempos de 30 e 15 minutos.

Tabela 3 - Efeito do tempo na absorção radicular do  $^{32}P$  por raízes destacadas de arroz.  
Concentração externa:  $NaH_2PO_4$   $10^{-4}M$

Variedades	u.moles $P^{32}/g.m.s.$			
	----- tempo em minutos			
	15	30	180	240
IAC-47	0,8989	1,5180	4,7474	8,6831
IAC-435	1,0968	1,7836		
Média	0,9978 c	1,6508 c	4,9632 b	7,6676 a

F = 103,9616\*\*  
D.M.S. 5% = 1,2303  
C.V. % = 19,4797

Pela Tabela 5 pôde-se constatar que no transporte do  $P^{32}$  para a parte aérea das plantas houve um comportamento estatístico semelhante aos anteriores. Esta quantidade de fósforo transportada foi relativamente pequena em relação à absorção pelas raízes.

Na absorção pelas raízes de plantas inteiras, verificou-se que a variedade IAC-47 absorveu maior quantidade de

fósforo que a IAC-435, talvez por apresentar melhor capacidade de absorção.

Constatou-se que houve uma tendência, na absorção do  $P^{32}$ , maior por raízes destacadas do que pelas raízes de plantas inteiras no tempo de 240 minutos - quando houve maior absorção, para ambas as variedades. Isto confirma os resultados de Hoagland & Broyer (1966), em trabalho com raízes de cevada. Tal fato não ocorreu nos tempos de 15, 30 e 180 minutos, quando a absorção pelas raízes de plantas inteiras foi superior. Estes resultados discordam dos obtidos em sorgo sacarina por Malavolta *et alii* (1979), que notaram tendência de maior absorção pelas raízes destacadas no tempo de 180 minutos e pelas plantas inteiras nos tempos de 15, 30 e 240 minutos.

Tabela 4 - Efeito do tempo na absorção radicular do  $P^{32}$  pelas raízes de plantas inteiras de arroz.  
Concentração externa:  $NaH_2PO_4$   $10^{-4}M$

Variedade	u.moles $P^{32}/g$ m.s.				Média (B)
	tempo em minutos				
	15	30	180	240	
IAC-47	1,6266	2,1682	5,6763	7,3298	4,20 A
IAC-435	1,3694	1,7549	5,4922	5,8220	3,61 B
Média (A)	1,4980c	1,9615c	5,5842b	6,5759a	

A -  
F = 145,90 \*\*  
D.M.S. 5% = 0,8554

B -  
F = 7,82 \*  
D.M.S. 5% = 0,4480

*Efeito da concentração iônica externa na absorção radicular*

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

Verificou-se uma relação direta entre o aumento da concentração do  $P^{32}$  e o aumento na absorção em todas as partes da planta analisada, em ambas as variedades, entre as quais, porém, não houve diferença estatística, à semelhança do que foi encontrado por Malavolta *et alii* (1979), na cultura do sorgo sa carino.

Tabela 5 - Efeito do tempo na absorção radicular e no transporte do  $P^{32}$  para a parte aérea em plantas inteiras de arroz.

Concentração externa:  $NaH_2PO_4$   $10^{-4}M$

Variedades	u.moles $P^{32}$ / g m.s.			
	----- tempo em minutos			
	15	30	180	240
IAC-47	0,0580	0,0674	0,6660	0,9646
IAC-435	0,0398	0,0886	0,5707	1,2105
Média	0,0489c	0,0780c	0,6183b	1,0875a
F	= 181,5812 **			
D.M.S. 5%	= 0,1486			
C.V. %	= 19,6207			

A diferença significativa ocorreu somente na concentração  $10^{-2}$ , na absorção tanto de raízes destacadas - como daquelas oriundas de plantas inteiras, sendo também verificada, no fósforo transportado para a parte aérea.

Tabela 6 - Efeito da concentração iônica externa na absorção radicular do  $P^{32}$  por raízes destacadas de arroz.  
Tempo: 180 minutos

Variedades	u-moles $P^{32}$ /g m.s.			
	Concentração da solução (M)			
	$10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$
IAC-47	0,0037	0,3210	8,2913	61,2448
IAC-435	0,0042	0,3011	6,0825	66,6552
Média	0,0040b	0,3110b	7,1869b	63,9300a

F = 115,75 \*\*  
D.M.S. 5% = 11,20  
C.V. % = 45,48

Tabela 7 - Efeito da concentração iônica externa na absorção radicular do  $P^{32}$  por raízes de plantas internas de arroz.  
Tempo: 180 minutos

Variedades	u-moles $P^{32}$ /g m.s.			
	Concentração da solução (M)			
	$10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$
IAC-47	0,0023	0,02273	9,9962	70,2130
IAC-435	0,0031	0,2272	7,7155	65,9945
Média	0,0027b	0,2272b	8,8576b	68,1037a

F = 100,5939\*\*  
D.M.S. 5% = 12,7532  
C.V. % = 47,9281

Tabela 8 - Efeito da concentração iônica externa na absorção radicular e no transporte do  $P^{32}$  para a parte aérea em plantas internas de arroz.  
Tempo: 180 minutos

Variedades	u.moles $P^{32}$ / g m.s.			
	Concentração da solução (M)			
	$10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$	$10^{-2}$
IAC-47	0,0006	0,0505	1,5056	14,6728
IAC-435	0,0006	0,0504	1,3395	13,1141
Média	0,0062 b	0,0505 b	1,4226 b	13,8935 a

F = 249,23\*\*  
D.M.S. 5% = 1,6634  
C.V. % = 31,40

Considerando-se as partes da planta, o sistema radicular acumulou mais fósforo que a parte aérea.

Pelo estudo da cinética de absorção foram obtidos os seguintes valores, para ambas as variedades:

- Para raízes destacadas:

$$Y = 2,0571 + 0,7595 x$$

$$r^2 = 0,9904$$

de onde se obteve:

$$V \text{ max (u M/g/h)} = 0,4861$$

$$K_m \text{ (mM)} = 0,3692$$

- Para raízes de plantas inteiras:

$$Y = 2,1789 + 0,9304 x$$

$$r^2 = 0,9865$$

$$V \text{ max (u M/g/h)} = 0,4589$$

$$K_m \text{ (mM)} = 0,4270$$

*Absorção Radicular e Foliar*

Pela Tabela 11 observou-se diferença significativa somente na parte aérea abaixo da folha tratada da variedade IAC-47 e quanto à fonte de fósforo e entre variedades dentro do tratamento DAP + U.

MALAVOLTA (1980) relata um estudo feito com cutícula, observando entre outras que a uréia aumenta a permeabilidade da membrana celular, aumentando a sua própria absorção e podendo também aumentar a dos outros íons (Fe, Zn e P), notando-se um efeito linear da concentração da uréia na absorção das duas formas de fósforo, o que não ocorreu no presente ensaio e também por MALAVOLTA *et alii* (1979) quando estudaram a absorção foliar do  $P^{32}$  em sorgo sacarino. Tal fato pode ser explicado pela presença de  $MgSO_4$  diminuindo a velocidade de absorção e inibindo o efeito da uréia.

Pode-se observar ainda que nos tratamentos das folhas com aplicação de DAP, MAP, DAP + U e MAP + U ocorreu um transporte maior para a parte abaixo da folha tratada (folha e raiz) que para a parte acima, devido talvez a uma maior atividade fisiológica do sistema radicular, concordando com os resultados obtidos por BIDDULPH (1941), WITTNER & LUNDAHL (1951) e MALAVOLTA *et alii* (1959).

Foi observado que não ocorreu diferença significativa entre os diferentes modos de aplicação de fósforo na absorção de P, em termos percentuais, em ambas as variedades (Tabela 12).

Contrastando com os resultados obtidos por MALAVOLTA *et alii* (1959), que evidenciaram a superioridade da aplicação do fósforo via foliar em cafeeiro, não foi verificada significância entre os métodos de aplicação devido talvez a insuficiência do tempo de contato (24h) do  $P^{32}$  com a superfície foliar, embora se notasse uma tendência de melhor absorção pela variedade IAC-47, nos tratamentos DAP e MAP (Tabela 13).

Observou-se que os tratamentos foliares foram muito mais eficientes que os radiculares.

Tabela 9 - Absorção de  $P^{32}$  por plantas inteiras (raízes) de arroz (*Oryza sativa* L.) em função da concentração externa de fósforo ( $NaH_2PO_4$ )

Variedade	Concentração m M/l	cpm	Matéria seca (g)	cpm/g matéria seca	$\mu$ M/g matéria seca	Vel. de absorção $\mu$ M/g/h	$\bar{M}$
IAC-47	0,00001	3849	0,0079	964050,63	0,0017	0,0008	0,0009
		6851	0,1100	123818,18	0,0022		
		1616	0,0370	85135,14	0,0015		
		6966	0,0640	216406,25	0,0038		
IAC-435	0,00001	3556	0,0043	1634883,72	0,0029	0,0010	0,0010
		5703	0,0057	1986666,67	0,0035		
		3076	0,0043	1411627,91	0,0025		
		5092	0,0050	2020700,00	0,0036		
IAC-47	0,001	5788	0,0810	141901,23	0,2520	0,0758	0,0758
		6104	0,1080	112277,78	0,1994		
		5266	0,0790	132278,48	0,2350		
		6750	0,1070	125401,87	0,2227		
IAC-435	0,001	2012	0,0330	119454,54	0,2122	0,0757	0,0757
		3209	0,0560	113142,86	0,2010		
		2860	0,4010	137512,20	0,2442		
		2944	0,0410	141609,76	0,2515		
IAC-47	0,1	2267	0,0870	51172,41	9,0892	3,3332	2,9525
		1980	0,0790	49088,61	8,7191		
		1948	0,0660	57787,88	10,2643		
		1921	0,0560	67142,86	11,9259		
IAC-435	0,1	738	0,0400	34850,00	6,1900	2,5718	2,5718
		1181	0,0410	55609,76	9,8774		
		1411	0,0680	40294,12	7,1570		
		987	0,0440	43000,00	7,6376		
IAC-47	10	167	0,0660	3818,18	67,8185	23,4043	22,7013
		192	0,0720	4194,44	74,5017		
		178	0,0700	3914,28	69,5255		
		210	0,0870	3885,06	69,0063		
IAC-435	10	126	0,0470	3617,02	64,2455	21,9982	21,9982
		95	0,0370	2918,92	51,8458		
		84	0,0340	2529,41	44,9274		
		212	0,0590	5796,61	102,9593		



Tabela 10 . Absorção de  $P^{32}$  por raízes destacadas de arroz (*Oryza sativa* L.) em função da concentração externa de fósforo ( $NaH_2PO_4$ )

Variedade	Concentração m M/l	cpm	Matéria seca (g)	cpm/g de matéria seca	$\mu$ M/g matéria seca	Vel. de absorção $\mu$ M/g/h	$\bar{M}$
IAC-47	0,00001	7246	0,059	244237,29	0,0043	0,0012	0,0013
		5207	0,054	191333,33	0,0034		
		5080	0,053	190150,94	0,0034		
		5105	0,046	220173,91	0,0039		
IAC-435	0,00001	5908	0,063	186253,97	0,0033	0,0014	0,0013
		4204	0,034	244882,35	0,0043		
		4552	0,036	250611,11	0,0044		
		5600	0,040	277950,00	0,0049		
IAC-47	0,001	4559	0,043	210139,53	0,3732	0,1070	0,1037
		5198	0,072	143250,00	0,2544		
		5786	0,061	188360,66	0,3346		
		7469	0,082	181170,73	0,3218		
IAC-435	0,001	3341	0,038	173684,21	0,3085	0,1004	0,1037
		2870	0,030	188600,00	0,3350		
		3401	0,040	168000,00	0,2984		
		3070	0,041	147756,10	0,2624		
IAC-47	0,1	1128	0,051	42627,45	7,5715	2,7638	2,3957
		1430	0,058	47896,55	8,5074		
		1273	0,054	45629,63	8,1047		
		1558	0,060	50566,67	8,9816		
IAC-435	0,1	599	0,038	29368,42	5,2164	2,0275	2,3957
		788	0,040	37350,00	6,6341		
		850	0,043	37627,91	6,6835		
		661	0,038	32631,58	5,7960		
IAC-47	10	105	0,054	2370,37	42,1025	20,4149	21,3167
		143	0,059	3457,63	61,4143		
		152	0,071	3126,76	55,5375		
		210	0,070	4828,57	85,7650		
IAC-435	10	112	0,046	3086,96	54,8305	22,2184	21,3167
		97	0,030	3733,33	66,3114		
		111	0,042	3333,33	59,2066		
		177	0,056	4857,14	86,2725		

Tabela 11 - Absorção e transporte de P em aplicações radiculares e foliares em MAP 1%, DAP 1% e aplicações foliares de MAP 1% + Uréia e DAP 1% + Uréia, marcas dos com P32

Tratamentos	c p m P/g m.s.								
	Raízes		Folhas tratadas		Parte aérea				
	IAC-47	IAC-435	IAC-47	IAC-435	Acima		Abaixo		
				IAC-47	IAC-435	IAC-47	IAC-435	IAC-47	IAC-435
<b>Raízes</b>									
MAP	4978,07	4651,32	-	-	1555,40	1048,36	-	-	-
DAP	3931,20	5363,36	-	-	860,55	691,18	-	-	-
<b>Folhas</b>									
MAP	5704,82	7781,10	29412,35	23707,36	1090,86	2198,42	288,42Aa	464,18Aa	
DAP	3304,79	7937,04	22804,09	39030,00	420,39	225,35	603,79aA	737,18Aa	
MAP+Uréia	4500,06	1055,56	25557,91	25510,36	822,84	1600,00	253,74Aa	440,44Aa	
DAP+Uréia	3162,14	1586,38	34210,00	32671,43	777,10	333,52	1291,06Ab	227,03Ba	
F	0,26n.s.		1,28n.s.			1,05n.s.		4,59 *	
D.M.S. 5% (1)	17249,94		28037,16			2225,51		919,94	
D.M.S. 5% (2)	11185,22		20176,85			1443,06		662,04	
C.V. %	171,16		29,99			68,40		53,36	

(1) Tratamentos dentro da variedade (minúscula)

(2) Variedades dentro do tratamento (maiúscula)

Tabela 12 - Absorção e transporte de P em aplicações radiculares e foliares de MAP 1%, DAP 1%, e aplicações foliares de MAP 1% + Uréia e DAP 1% + Uréia marcados com P<sup>32</sup>

Variedades	% de P absorvido do P fornecido					
	Radicular			Foliar		
	MAP	DAP	MAP	DAP	MAP+U	DAP+U
IAC-47	42,86	31,14	31,52	24,06	28,06	23,08
IAC-435	38,62	26,91	34,52	22,06	46,15	25,48
Média	40,7400a	23,0300a	33,0225a	26,0600a	37,1025a	24,6350a

F = 2,0846 n.s.  
 D.M.S. 5% = 22,9452  
 C.V. % = 30,9007

Tabela 13 - Absorção e transporte de P em aplicações radiculares e foliares de MAP 1%, DAP 1% e aplicações foliares de MAP 1% + Uréia e DAP 1% + Uréia, em plantas de arroz

Tratamento	Porcentagem de P transportado									
	Parte aérea					Raiz				
	Acima		Abaixo		Raiz	Acima		Abaixo		M̄ (A)
IAC-47	M̄	IAC-47	M̄	IAC-47		M̄	IAC-47	M̄		
Raízes										
MAP	-	-	19,50	15,02	17,26	-	-	-	-	-
DAP	-	-	16,45	11,07	13,76	-	-	-	-	-
Folhas										
MAP	1,78	0,24	19,36	6,36	12,86	6,40	8,25	7,32		
DAP	1,84	0,24	9,46	2,44	5,95	17,22	11,17	14,19		
MAP+U	0,82	1,46	15,89	4,20	10,04	5,83	7,76	6,79		
DAP+U	1,14	0,85	19,88	2,60	11,24	19,76	9,46	14,61		
M̄ (B)	1,40	0,70	16,75	6,95		12,30	9,16			
A - F					0,2316ns			1,6015ns		
D.M.S. 5%					37,5588			15,2014		
C.V. %					133,4254			62,5482		
B - F					2,3065ns			0,8756ns		
D.M.S. 5%					14,0608			7,7355		
C.V. %					133,4254			62,5482		

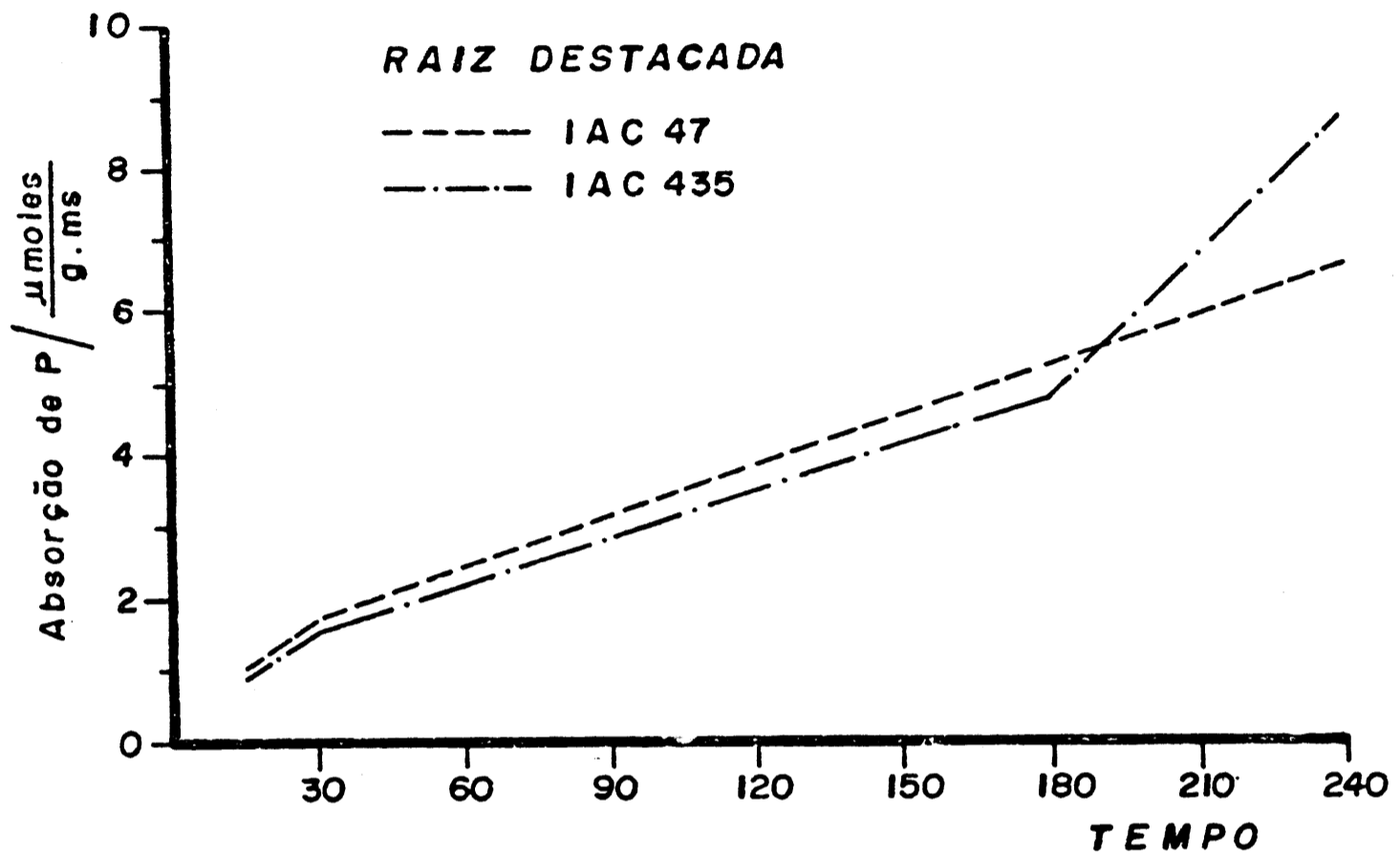


Figura 1 - Absorção de  $P^{32}$  por raízes destacadas de arroz das variedades IAC-47 e IAC-435 em função do tempo.

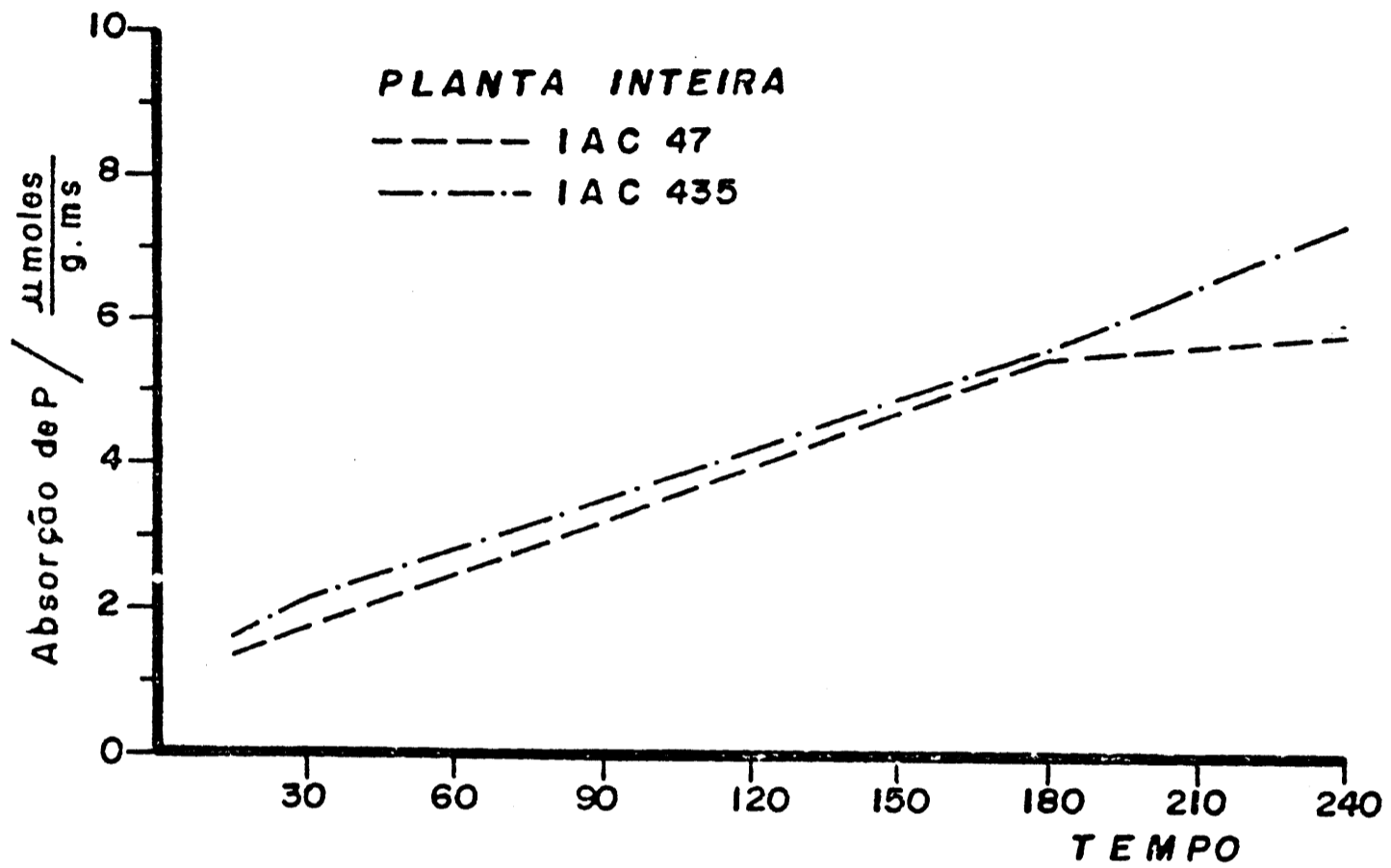


Figura 2 - Absorção de  $P^{32}$  por raízes de plantas inteiras das variedades de arroz IAC-47 e IAC-435 em função do tempo.

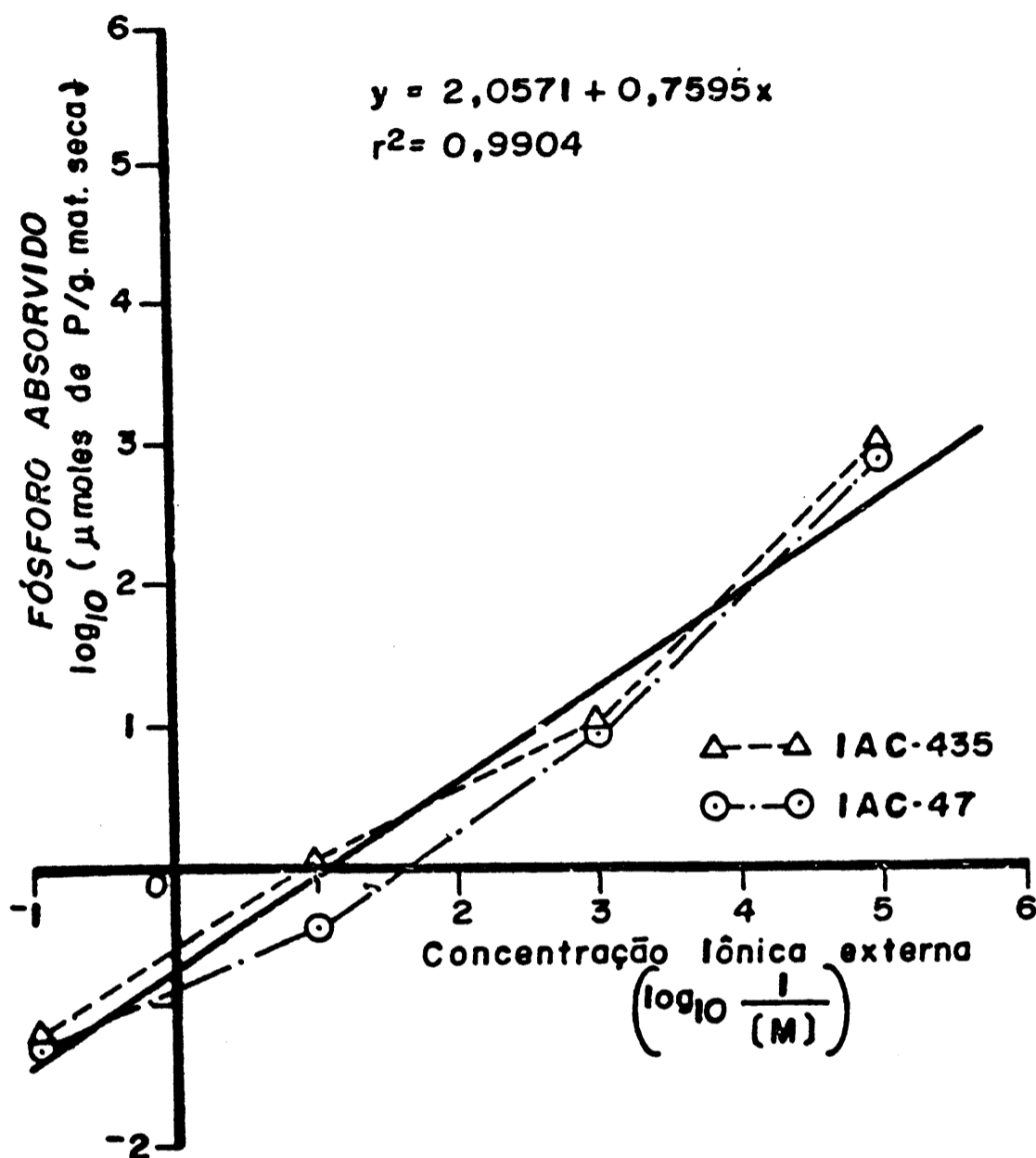


Figura 3 - Efeito da concentração iônica externa na absorção de fósforo por raízes destacadas de arroz, variedades IAC-47 e IAC-435.

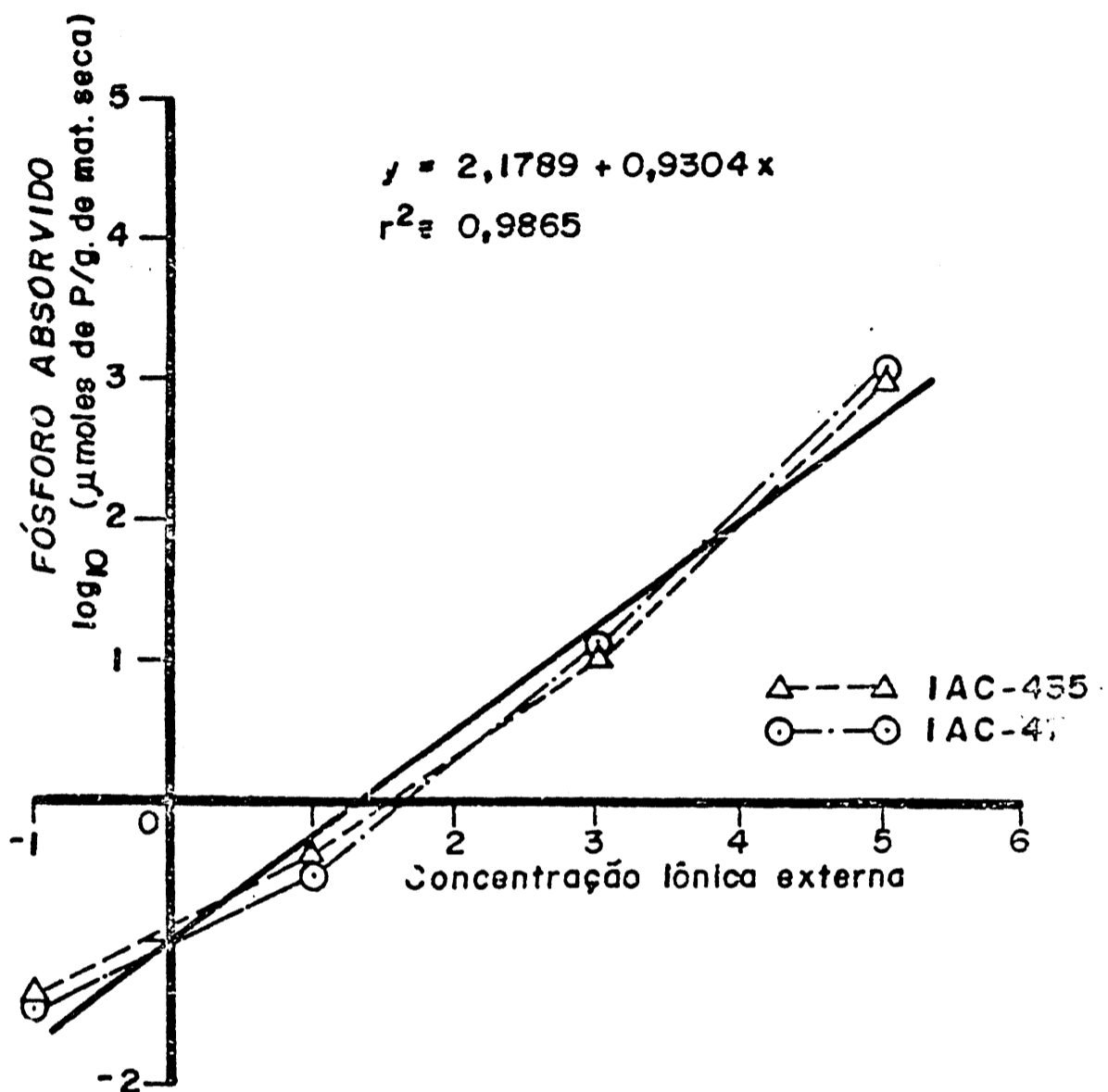


Figura 4 - Efeito da concentração iônica externa na absorção de fósforo por raízes de plantas inteiras de arroz, variedades IAC-47 e IAC-435.



## CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados obtidos chegou-se as seguintes conclusões:

a absorção radicular do P aumentou em função do tempo, para todas as partes analisadas. Verificou-se que absorção pelas raízes de plantas inteiras a variedade IAC-47 absorveu mais que a variedade IAC-435 e quanto à quantidade de fósforo transportada foi relativamente pequena em relação à absorvida pelas raízes.

A absorção de P aumentou em função da concentração externa numa relação direta sendo que somente na maior concentração de  $10^{-2}$  M que foi significativamente superior em todas as partes analisadas.

Não houve significância entre a utilização dos fosfatos mono e diamônicos na absorção de P pelas raízes nem por estas fontes em presença e em ausência de uréia pelas folhas.

O transporte de P para as raízes e para a parte aérea acima da folha tratada não diferiu significativamente.

Na variedade IAC-47 houve diferença no transporte de P para a parte aérea abaixo da folha tratada nos tratamentos de fosfato mono e dimônico, tendo em presença como na ausência de uréia.

A presença de uréia não aumentou a absorção de fósforo.

De acordo com os resultados, necessário se faz um resumo na amplitude de concentração quando do efeito da concentração externa, e na variação do tempo, o tempo mínimo é praticamente inexpressivo, podendo ser prolongado o contato da planta com a solução.

*SUMMARY*STUDIES ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT.  
XV. ROOT AND FOLIAR UPTAKE OF RADIOPHOSPHATE BY THE  
VARIETIES IAC-47 AND IAC-435

Root uptake either by excised roots or by intact young plants (3-4 week old) showed linearity in the period from 30 to 180 minutes of contact with the solution. Km values were the same for both varieties being, however, slightly lower in the case of excised roots. Foliar uptake was affected neither by source (monoammonium against diammonium phosphate) nor by the presence of urea in the same solution.

## LITERATURA CITADA

- ADRIANO, D.C.; PAULSEN, G.M.; MURPHY, S., 1972. Analysis of responses curves to increased P concentration in intact once and groundnut plants. In: **Isotopes & Radiation in Soil Plant Relationship. Including Forestry I.A.E.A.**, Vienna, p. 87-94.
- BAR YOSEF, B., 1971. Fluxes of P and Ca in to intact corn roots and their dependence on solution concentration and root age. **Plant & Soil** 35: 589-600.
- BIDDULPH, O., 1942. Diurnal migration of injected radiophosphorus from bean leaves. **Am. J. Bot.** 28: 348-352.
- CROCOMO, O.J.; NEPTUNE, A.M.L.; REYES-ZUMETA, H., 1965. **Absorção de íons por las plantas**, Venezuela, Maracaibo, Editorial Universitária de la Universidad del Zulia, 188 p.
- EPSTEIN., E., 1975. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. tradução e notas Eurípedes Malavolta, Rio de Janeiro, Ed. da Universidade de São Paulo, 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., 1980. **Elementos de nutrição mineral de plantas**, São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 253 p.
- MALAVOLTA, E.; NEPTUNE, A.M.L.; LOTT, W.L., 1959. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. II. Absorção do superfosfato radioativo pelo cafeeiro (*Coffea arabica*, L. var. Bourbon Amarelo) em condições de campo. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 16: 101-111.
- MALAVOLTA, E., *et alii.*, 1979. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) cv. Brandes. II. Absorção e redistribuição do radiofósforo. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 36: 203-229.
- RESNIK, M.E.; PALOMAR, S.G. de; MARTINEZ, M.; REY, J. A. R., 1977. Ipos de raíces y capacidad de absorcion de fosforu en caña planta. **Turrialba** 27(4): 415-19.
- WITTWER, S.H.; TEUBNER, E.G., 1959. Foliar absorption of mineral nutriente. **Ann. Rev. Plant Physiol.** 10: 13-32.
- YAMADA, Y.; JYUNG, W.H.; WITTWER, S.J.; BUKOVAC, M.J., 1965. The effects of urea on ion penetration throught isolated cuticular membranes and ion uptake by leallscells. **Am. Soc. Hort. Sci.**, 87: 429-432.

