

TRANSLOCAÇÃO DO  $P^{32}$  ABSORVIDO PELAS RAIZES DE  
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp) PARA A GEMA\*

Roberto A.Arevalo\*  
Eurípedes Malavolta\*\*\*  
Paulo N.Camargo\*\*\*

RESUMO

O presente trabalho foi realizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em 1981-82, para determinar-se o  $P^{32}$  absorvido pelas raízes do tolete se transloca para a gema germinante. Foram utilizados toletes de uma gema + 10 -Kuijper, do cv. CB41-76. Os toletes foram postos a germinar em câmara úmida e dispostos em blocos casualizados com 4 repartições, para raízes de 7, 14 e 21 dias de idade, as quais absorveram  $NaH_2P^{32}O_4$  a  $10^{-4}M$ , durante 24 horas, após o que foram processados para as determinações das respectivas radioativi-

---

\* Parte da Dissertação de Mestrado com apoio financeiro da FAPESP. Entregue para publicação em 02/04/84.

\*\* Engenheiro Agrônomo

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

dades, por meio de um contador Geiger-Muller.

As contagens de radioatividade mostraram que o  $P^{32}$  translocou-se para a gema germinante e que a quantidade do  $P^{32}$  translocado aumentou com a idade das raízes.

## INTRODUÇÃO

O uso de radioisótopos em pesquisas sobre a cana-de-açúcar teve início no Hawaii, em 1947 (cf. HARTT e KORTSCHAK, 1965) para estudar aspectos fisiológicos e bioquímicos. O único trabalho encontrado na literatura, sobre absorção radicular do  $P^{32}$  por cana-de-açúcar foi o de RESNIK et alii (1976), que estudaram a absorção do  $P^{32}$  por raízes de toletes do cv. NCo 310 e sua translocação no colmo de 4 nós. Eles constataram que o  $P^{32}$  absorvido durante 48 translocou-se para setores radiais e longitudinais do colmo. A quantidade do  $P^{32}$  absorvido estava em relação direta com as dimensões do sistema radicular. O  $P^{32}$  acumulou-se em maior quantidade nos nós que nos internódios, e no internódio superior que no inferior. A maior concentração do  $P^{32}$  absorvido se acumulou nos setores radiais enraizados e na sua projeção ostóptica, para acima e para abaixo.

Neste foi estudada a absorção do  $P^{32}$  ( $NaH_2P^{32}O_4$  a  $10^{-4}M$ ) por raízes de toletes de idades crescentes e sua translocação para a gema germinante.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa-de-vegetação, no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, Piracicaba, SP, no período 1981-82.

Foram colocados a germinar em câmara úmida, toletes de uma gema + 10-Kuijper, do cv. CB 41-76, tratados com benomil(\*) a 50%, na dose de 30g/100 litros de água, durante 10 minutos, para evitar contaminações por *Fusarium* sp. Este tratamento foi repetido cada 10 dias. A água da câmara úmida era trocada de 2 em 2 dias, para evitar a formação de colônias gelatinosas de bactérias sobre o mineral. A cada troca de água o material era lavado com água destilada e a câmara desinfetada com HCl a 1%. Para estimular o crescimento das raízes, foi adicionado à água  $\text{CaSO}_4$  a 2 ppm.

O delineamento experimental foi em blocos totalmente casualizados, com 4 repetições, com raízes de 7, 14 e 21 dias de idade, a partir da montagem do experimento. Em cada tolete foram deixadas 2 raízes, localizadas imediatamente abaixo da gema, tendo sido as demais cortadas com tesoura. Cada tolete foi colocado verticalmente em um vaso de 2 litros de capacidade o qual continha vermiculita com água destilada. A solução de  $\text{P}^{32}$  foi colocada em um tubo de 50 ml, no qual foram mergulhadas as 2 raízes. Os vasos do experimento foram recobertos individualmente com sacos de plástico (polietileno), para manter a umidade.

Foram feitos 3 tratamentos com 4 repetições, para cada idade (7, 14 e 21 dias), a saber:

T<sub>1</sub> - 4 toletes com raízes de 7 dias, mergulhadas, em solução de  $\text{NaH}_2\text{P}^{32}\text{O}_4$  a  $10^{-4}\text{M}$ ;

(\*) Benlate<sup>R</sup> com 50% de benomil.

T<sub>2</sub> - 4 toletes com raízes de 14 dias, mergulhadas na mesma solução;

T<sub>3</sub> - 4 toletes com raízes de 21 dias, mergulhadas na mesma solução.

Tempo de absorção: 24 horas.

Foram diluídos 2 ml da solução estoque de 2 mCi de NaH<sub>2</sub>P<sup>32</sup>O<sub>4</sub> a 10<sup>-4</sup>M, para obter a solução de trabalho, que foi utilizada para a absorção radicular. Após 24 horas da absorção do P<sup>32</sup>, as raízes foram lavadas com água de torneira durante 1 minuto, para retirar o P<sup>32</sup> da superfície das mesmas. Cada planta foi dividida nas seguintes partes: raízes, gema germinate, internodio superior (cilindro de 2 cm de comprimento), n<sup>o</sup>, internodio inferior (cilindro de 2 cm de comprimento). Cada parte, em separado, foi colocada em um saco de papel e levada a estufa a 70°C por 48 horas.

Após 48 horas determinou-se o peso da matéria seca das partes em separado, as quais foram colocadas respectivamente, em cadinhos, que foram levados a mufla a 500°C, até a obtenção de cinzas brancas (cerca de 4 horas).

Depois de esfriadas, as cinzas de cada cadinho foram dissolvidas em 10 ml de HCl a 20% (1 parte de HCl + 4 partes de água destilada), e transferidas para frascinhos e numeradas correlativamente.

De cada frascinho foram tomados 5 ml e colocados em cubetinhas, as quais foram postas a evaporar sobre prancheta aquecida (cerca de 1 hora). Da solução de trabalho, também retirou-se 1 ml que foi levado a evaporar da mesma forma.

Após esfriarem os resíduos secos foram realizadas as contagens de radioatividade, por meio de um contador Geiger-Muller "nuclear Chicago", Mod. 181 B. Foram fei-

tas, também, contagens em branco ("background") da radioatividade existente, no ambiente, ligando-se o contador durante 5 minutos, para se obter a radiação média por minuto (CPM).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das contagens de radioatividade se encontram nas Tabelas 1 a 4. Do exame dessas tabelas, verifica-se que o  $P^{32}$ , absorvido pelas raízes do tolete, translocou-se para a gema germinante. A quantidade de  $P^{32}$  translocado das raízes para a gema germinante aumentou com a idade das raízes.

Os resultados revelaram que existe conexão anatômica entre as raízes do tolete e a gema germinante, pois o  $P^{32}$  absorvido por aquelas raízes translocou-se para a gema.

Com o aumento da idade das raízes, de 7 para 21 dias, aumentou a quantidade de radioatividade detectada na gema germinante (Tabelas 1 a 4). Este fato se deve a duas causas: a) o aumento da superfície de absorção radicular, em virtude do crescimento das raízes; b) a translocação, pelas raízes adultas, com maior quantidade de tecido de condução funcionais.

Tomando em consideração as distintas partes do tolete (raízes, gema germinante, n $\circ$ , Internodlo superior e inferior), foram constatadas maiores contagens de radioatividade nas raízes do que nas outras partes estudadas (Tab. cit.). Este fato pode ser atribuído a duas causas: a) a solução  $P^{32}$  teria penetrado no espaço livre aparente (ELA) das raízes, distribuindo-se pelo apoplasto, pelos espaços intercelulares e também no simplasto, antes de entrar no xilema; b) estando a raiz em crescimento, ela consome grandes quanti-

dades de fósforo, nos processos de multiplicação celular e de síntese de compostos fosforados (AMP, ADP, ATP, fosfolípidios, etc). O  $P^{32}$  assim assimilado, nos processos do metabolismo, incorpora-se na própria raiz, não sendo translocado em sua totalidade, para a gema. Daí a razão da maior radioatividade nas raízes do que nas demais partes do tolete.

Houve uma tendência decrescente, de radioatividade, respectivamente, das raízes para o nó, internódio inferior e internódio superior, para as três idades das raízes (Tab.cit.).

RESNIK et alii (1976) constataram maiores concentrações de  $P^{32}$  no internódio superior do que no inferior, em contraste com os resultados desta pesquisa. Entretanto, eles não explicaram as possíveis causas de sua constatação. Seus resultados poderiam ser atribuídos a que as raízes absorventes estariam, em sua maioria, localizadas em posição superior à da inserção da gema, ligando-se, pois, à parte do sistema vascular periférico (ARTSCHWAGER, 1925; AREVALO, 1983), conectada com feixes que passam para o internódio superior.

## CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa permitem concluir que o  $P^{32}$  absorvido pelas raízes do tolete, foi translocado para a gema germinante, dentro de 24 horas.

A quantidade de  $P^{32}$  absorvido pelas raízes do tolete, e translocado para a gema germinante, aumentou com a idade das raízes.

A tendência crescente de distribuição do  $P^{32}$ , nas diversas partes do tolete, foi a seguinte: Raízes > gema germinante > nó > internódios.

Tabela 1. Absorção de  $P^{32}$  por raízes de 7 dias de idade, de toletes de cana-de-açúcar, e sua distribuição nas diferentes partes do tolete germinado

Parte do tolete	Rep	Matéria seca	cpm bruta alíquota	cpm líquida		cpm( $10^{-3}$ ) gms	absorção % da atividade fornecida
				alíquota	matéria		
Raízes 2		0,210	30364	30306	60612	6061,20	17,76
Gema germinante		0,040	372	314	628	15,70	0,18
Internódio sup.		1,300	392	334	668	0,20	0,14
Nó		4,400	10735	10677	21354	4,35	6,25
Internódio inf.		3,420	865	807	1614	0,48	0,47
$\Sigma$		2,310	8545,6	8487,6	16975,2	1216,39	4,97
Raízes 2	2	0,014	34976	34918	69836	4988,28	20,46
Gema germinante		0,070	698	640	1280	18,28	0,37
Internódio sup.		4,625	105	47	94	0,02	0,02
Nó		5,410	7444	7386	14772	2,73	4,32
Internódio inf.		4,370	366	308	616	0,14	0,17
$\Sigma$		2,857	8717,0	8659,8	17315,4	1001,89	5,06
Raízes 2	3	0,014	39514	39514	79028	5644,85	23,16
Gema germinante		0,020	366	308	616	38,80	0,18
Internódio sup.		4,400	826	768	1536	0,34	0,45
Nó		6,800	1543	11485	22970	3,37	6,73
Internódio inf.		3,040	2350	2294	4584	1,16	1,34
$\Sigma$		3,034	10931,4	10873,4	21746,8	1137,70	6,37
Raízes 2	4	0,014	34669	34611	69222	4944,42	20,28
Gema germinante		0,050	90	32	64	1,28	0,01
Internódio sup.		5,550	272	214	428	0,07	0,12
Nó		4,270	3437	3379	6758	1,60	1,98
Internódio inf.		4,920	510	452	904	0,18	0,26
$\Sigma$		2,950	7795,6	7668,0	15475,2	989,51	4,53

Tabela 2. Absorção de  $P^{32}$  por raízes de 14 dias de idade de toletes de cana-de-açúcar e sua distribuição nas diferentes partes do tolete germinado.

Parte do tolete	Rep.	matéria seca (g)	cpm		cpm(10 <sup>-3</sup> )		Absorção % da atividade fornecida
			Alíquota	Alíquota	Matéria	gms	
Raízes 2		0,037	28454	28396	56792	1534,91	27,70
Gema germinante		0,040	525	467	936	23,40	0,35
Internódio sup.		5,350	265	207	414	0,07	0,15
Nó		5,570	3330	3272	6544	0,07	2,51
Internódio inf.		4,770	376	318	636	0,13	0,24
$\Sigma$		3,153	6590,0	6532,0	13064,4	311,70	5,01
Raízes 2	2	0,033	27427	27369	54738	1658,72	21,01
Gema germinante		0,230	1213	1155	2310	1,00	0,28
Internódio sup.		5,470	581	523	1046	0,10	0,40
Nó		6,410	3996	3938	7676	1,55	3,06
Internódio inf.		4,780	803	745	1490	0,33	0,57
$\Sigma$		3,384	6804,0	6746,0	13512,0	332,36	5,18
Raízes 2	3	0,025	18204	18146	36292	1451,68	13,93
Gema germinante		0,240	1039	981	1962	8,17	0,75
Internódio sup.		2,870	147	89	178	0,06	0,06
Nó		3,640	5673	5615	11230	3,08	4,31
Internódio inf.		3,640	525	467	936	0,25	0,35
$\Sigma$		2,083	5117,6	5059,6	10119,2	92,65	3,86
Raízes 2	4	0,055	56405	56347	112694	2048,98	43,26
Gema germinante		0,210	1087	1029	2058	9,80	0,79
Internódio sup.		4,730	840	782	1564	0,33	0,60
Nó		6,040	8295	8237	16474	2,72	6,32
Internódio inf.		5,140	2471	2413	4826	0,93	1,85
$\Sigma$		3,235	13819,4	13761,16	27523,2	412,55	10,56

Tabela 3. Absorção de  $p^{32}$  por raízes de 21 dias de idade, de colteio de cana-de-açúcar, e sua distribuição nos diferentes partes do colteio germinado.

Parte do colteio	Materia seca (g)	Materia seca (g)	cm		cm		cm(10 <sup>-3</sup> )	absorção % de atividade fornecida
			bruto	aliquota	líquida	Materia		
Raízes 2	0,040	42703	42245	84490	2112,25	44,71		
Gema germinante	0,270	2768	2710	5420	20,87	2,86		
Internódio sup.	4,900	1994	1636	3072	0,79	2,04		
M6	5,270	6807	8749	17498	3,32	9,26		
Internódio inf.	4,950	295	1836	3672	0,74	1,94		
$\Sigma$	3,085	11553,6	11495,2	22990,4	427,43	12,16		
Raízes 2	0,030	30642	30584	61168	2036,93	32,27		
Gema germinante	0,450	4375	4317	8634	19,18	4,56		
Internódio sup.	4,720	858	800	1600	0,33	0,84		
M6	4,310	9438	9380	18760	4,35	9,92		
Internódio inf.	5,150	3143	3055	6170	1,19	3,26		
$\Sigma$	2,532	9691,2	9633,2	19266,4	412,80	10,19		
Raízes 2	0,030	20163	20105	40210	134,03	21,28		
Gema germinante	0,730	2123	2065	4130	5,65	2,18		
Internódio sup.	5,360	124	65	132	0,02	0,06		
M6	6,250	2479	2421	4842	0,01	2,56		
Internódio inf.	6,210	258	210	420	0,06	0,22		
$\Sigma$	3,858	5031,4	4973,4	9946,8	27,95	5,26		
Raízes 2	0,010	27269	27211	54422	5442,00	28,80		
Gema germinante	6,080	259	2404	4808	30,05	1,27		
Internódio sup.	4,350	556	750	1500	0,01	0,79		
M6	3,870	4741	4663	9366	2,42	4,95		
Internódio inf.	3,780	1449	1391	2782	0,73	1,47		
$\Sigma$	2,418	7107,2	6967,4	14094,8	1095,04	7,45		

Tabela 4. Absorção de  $^{32}P$  em função do número de raízes em colétes de cana-de-açúcar, e sua distribuição nos diferentes partes de taqueta germinante

Tratamentos	Rep.	Raiz		Gemas germinante		Intermédio superior		MG		Intermédio inferior		Total	
		(g)	cpm	(g)	cpm	(g)	cpm	(g)	cpm	(g)	cpm	(g)	cpm
1 Raiz	1	0,006	17338	0,110	5132	5,740	4568	6,020	29868	6,110	2616	17,996	159514
	2	0,044	31930	0,740	652	4,530	192	5,358	484	4,120	186	14,780	33444
	3	0,011	62168	0,200	2998	5,060	736	6,240	10266	5,090	1460	16,681	77568
	4	0,005	11666	0,100	226	5,840	774	5,720	1034	6,420	279	10,085	13979
x	0,015	55775,5	0,287	2252,0	5,117	1367,5	5,832	10411,0	5,435	1120,2	16,065	71126,25	
2 Raiz	1	0,001	16606	0,120	832	4,120	602	5,600	5434	5,360	1136	15,201	24610
	2	0,014	183716	0,130	13218	3,640	3280	4,650	41032	4,040	6298	12,474	267544
	3	0,005	42200	0,450	5398	3,250	6774	3,990	8764	3,690	1808	11,985	64944
	4	0,012	10387	0,060	225	4,820	227	4,530	1099	4,630	300	14,052	12786
x	0,008	63227,2	0,190	4918,2	4,107	2720,7	4,696	14082,2	4,430	2305,5	13,428	87346,58	
4 Raiz	1	0,018	96200	0,250	8706	5,550	1682	4,730	30668	4,500	2798	15,948	140054
	2	0,019	131028	0,118	14338	5,230	2608	4,830	19460	4,320	2526	14,609	165960
	3	0,030	68884	3,500	2504	5,370	1734	8,700	4672	4,780	1794	22,380	79568
	4	0,017	19624	0,130	337	6,550	116	5,500	3675	4,770	1123	16,967	25075
x	0,021	54908,0	0,997	6471,2	5,700	1785,0	5,940	13618,2	4,592	2060,2	17,251	102869,25	
6 Raiz	1	0,033	107638	0,360	11156	5,130	2972	3,410	5396	4,520	1946	13,453	129108
	2	0,056	113290	0,140	1792	6,100	944	5,870	12478	6,610	4094	10,736	133498
	3	0,026	73260	0,140	3414	4,670	826	3,960	15130	4,210	3428	13,006	96058
	4	0,050	45240	0,120	942	7,840	1078	7,020	10073	5,200	1992	20,230	59335
x	0,041	34882,0	0,190	4326,0	5,935	1455,0	5,065	10769,2	5,135	3065,0	16,356	104497,25	

## SUMMARY

## TRANSPORT OF RADIOPHOSPHORUS TAKEN UP BY SUGAR CANE ROOTS TO THE BUD

Several experiments were carried out using germinating setts of sugar cane with different age and number of roots which were put in contact with a radiophosphorus solution.

It was found that the radiophosphorus was taken up by root system being in part transported to the germinating bud. The amount of phosphorus translocated increased with the age of the roots (from 7 to 2/1 days).

## LITERATURA CITADA

- ARTSCHWAGER, E., 1925. Anatomy of the vegetative organs of sugar cane. *Jour. Agric. Res.* **30**:197-221.
- AREVALO, R.A., 1983. Arquitetura da rede fibrovascular nodal do colmo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). Pi racicaba. ESALQ/USP, 98 p. (Dissertação de Mestrado).
- HARTT, C.E. e KORTSCHAK, H.P., 1965. Radioactive isotopes in sugar cane physiology. *In*: ISSCT. Proc. (10):647-662.
- RESNIK, M.; MARTINEZ, E.H.; PALOMAR, S.O.de & ZEMAN, E., 1976. Absorción y translocación de fósforo en tallos defoliados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) *Turrialba* **26**:174-178.