

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO PARA EFICIÊNCIA A FÓSFORO¹

VERA M. CARVALHO ALVES², CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS,
GILSON V. EXEL PITTA e RICARDO MAGNAVACA³

RESUMO - Para melhor compreender alguns dos processos ligados à seleção de plantas mais eficientes na absorção e/ou utilização de fósforo em cultivos hidropônicos, realizaram-se dois ensaios com nove híbridos experimentais de milho (*Zea mays* L.) provenientes do programa de melhoramento do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo e três comerciais. Os diferentes híbridos foram cultivados em solução nutritiva de Steinberg em quatro doses de fósforo (0,3; 0,9; 2,7 e 5,4 mg l⁻¹). No ensaio 1, a solução nutritiva foi trocada semanalmente e as plantas colhidas 20 dias após a aplicação dos tratamentos. No ensaio 2, não houve troca de solução, sendo a colheita realizada após a estabilização do desenvolvimento vegetativo. As plantas foram separadas em parte aérea e raiz e quantificou-se a matéria seca e a concentração de fósforo. Os resultados evidenciaram diferenças na eficiência para fósforo entre os doze híbridos. Entretanto, estas diferenças aconteceram mais em função do teor de fósforo na semente do que em virtude de diferenças genotípicas entre materiais. Houve, também, influência da quantidade de nutrientes na solução nos resultados obtidos. Constatou-se que a prática de se destacar as sementes remanescentes, após a germinação completa das plântulas, para minimizar a influência da semente, em ensaios de curta duração, não eliminou o problema. Portanto, deve-se procurar selecionar plantas mais eficientes em condições de campo.

Termos para indexação: *Zea mays*, absorção, utilização, diferenças genotípicas.

SELECTION OF MAIZE GENOTYPES FOR PHOSPHORUS EFFICIENCY

ABSTRACT - The aim of this work was to understand and evaluate some of the process linked with the plant nutrient efficiency, especially that for phosphorus, in nutrient solution. There were evaluated twelve maize (*Zea mays* L.) hybrids; nine from the CNPMS breeding program and three commercial hybrids, grown in Steinberg's nutrient solution tested against four P concentrations (0.3; 0.9; 2.7 and 5.4 mg l⁻¹). Two experiments were then carried out: experiment 1; the nutrient solution was changed weekly and the plants harvested after 20 days growth, experiment 2; the nutrient solution was not changed and the harvest was realized as soon as the steady vegetative growth was reached. The dry weight of the shoot and roots were determined and analyzed for phosphorus. A significant difference among hybrids in P-efficiency utilization was observed. However these differences were basically due to the P concentration in the seeds rather than the genotypic variability and/or morphological, physiological and biochemistry differences in P-usage. Alto the amounts of elements added somehow influenced the results. It was observed that the remaining seeds when removed from the seedlings did not overcome the seed effect. Hence, it is suggested that more efficient plant should be selected in field conditions, where a mature plant better characterize the nutrient efficiency.

Index terms: *Zea mays*, absorption, utilization, genotypic differences.

INTRODUÇÃO

Diferenças quanto ao uso e acumulação de fósforo e outros nutrientes já foram observadas entre genótipos de milho (Elliott & Läuchli 1985, Furlani et al. 1985), sorgo (Brown et al. 1977, Clark et al. 1978), arroz (Fageria & Barbosa Filho 1982), trigo (Salinas & Sanchez 1976), feijão (Whiteaker

et al. 1976) e outras espécies vegetais (Chapin & Bielecki 1982, Perby & Jensen 1983).

Smith (1934) observou que algumas linhagens de milho cresciam duas a três vezes mais em baixas concentrações de fósforo que outras e que esta característica era herdável e dominante. Estudos de seleção para eficiência a fósforo, baseados na diferença de produção entre os níveis baixos e altos desse elemento, foram conduzidos por Fox (1978) com um total de 75 híbridos e linhagens, em condições de casa de vegetação (solo e solução nutritiva) e campo. Foram encontradas diferenças entre os genótipos cultivados em casa de vegetação, não sendo possível, entretanto, diferenciá-los no campo através da produção de grãos. Isso, de

¹ Aceito para publicação em 14 de outubro de 1987

² Enga. - Agra., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Rod. MG 424, Km 65, Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

³ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPMS.

acordo com o autor, ocorreu, provavelmente, em consequência de diferenças relativamente pequenas entre as produções dos genótipos em baixos níveis de fósforo no campo, e à grande influência do vigor das plântulas no crescimento inicial em casa de vegetação. Furlani et al. (1985), em estudos em solução nutritiva com baixos níveis de fósforo, observaram que entre as 40 linhagens de milho cultivadas, onze foram ineficientes, 20 medianamente eficientes e nove eficientes para fósforo. Foram atribuídas as diferenças observadas na produção de matéria seca, muito mais ao mecanismo de absorção de fósforo, do que ao mecanismo de utilização deste elemento.

Diferenças na cinética de absorção de fósforo (Nielsen & Barber 1978), na utilização (Elliott & Läuchli 1985), na morfologia de raízes (Baker et al. 1970) e na atividade de fosfatases (Clark & Brown 1974), já foram sugeridas para explicar as diferenças de eficiência para fósforo encontradas entre diversos genótipos de milho.

A seleção de plantas, para maior eficiência nutricional, tem sido orientada, na maioria das vezes, por informações sobre a quantidade de nutrientes absorvida e produções de parte aérea, raiz e grãos, durante determinados estádios do desenvolvimento vegetativo (Whiteaker et al. 1976, Brown et al. 1977, Fox 1978, Fageria & Barbosa Filho 1982, Elliott & Läuchli 1985, Furlani et al. 1985). A quantificação destes parâmetros, ou outros deles derivados, é dependente do organismo, dos diversos fatores externos e da interação entre ambos.

Nas condições de solo, pode-se mencionar a importância dos fatores quantidade, intensidade e capacidade, que devem estar ajustados à taxa de crescimento da planta e, mais especificamente, à exigência da planta. Em cultivos hidropônicos, o dinamismo apresentado pelo solo não é alcançado.

Deve-se também observar que os nutrientes chegam à superfície do sistema radicular por três processos básicos: fluxo de massa, difusão e interceptação pela raiz. Em hidroponia há predominância do fluxo de massa. Além disso, a marcha de absorção de nutrientes acompanha uma curva sigmóide, com menor exigência nas primeiras semanas após a germinação. Aliada a estes fatores, pode-se mencionar a influência da concentração de nutrientes nos resultados de curta duração, como mencionado por

Loneragan & Asher (1967) e Fox (1978).

O objetivo deste trabalho foi o de compreender melhor os processos ligados à seleção de plantas mais eficientes na absorção e/ou utilização de fósforo, usando-se a hidroponia como técnica básica. Como conceito de planta eficiente seguiu-se o proposto por Fox (1978), ou seja, plantas que são capazes de apresentar uma alta produção em um meio que contém fósforo disponível abaixo do necessário para atingir-se a produção máxima.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio 1 - Sementes de doze híbridos duplos de milho (Tabela 1), tratadas com Captan, foram germinadas em rolos de papel-toalha colocados em vasos contendo água deionizada constantemente aerada, por sete dias. As plântulas foram, então, selecionadas quanto à uniformidade e transplantadas para recipientes de plástico contendo oito litros de solução nutritiva de Steinberg, modificada por Foy et al. (1967) (Tabela 2). O fósforo foi adicionado na forma de KH_2PO_4 nas doses de 0,3; 0,9; 2,7 e 5,4 mg l^{-1} de solução. Cada híbrido foi colocado em caixa individual, sem repetição, contendo 21 plantas. As médias de produções foram analisadas em regressão. A solução foi trocada semanalmente, totalizando três trocas durante o período experimental, e o pH ajustado diariamente para $5,0 \pm 0,1$ com HCl ou NaOH 1 N. A aeração foi mantida constante.

Para quantificar-se a quantidade de fósforo com que cada material iniciou seu desenvolvimento na solução completa, antes das plântulas serem transplantadas, 20 plântulas de cada material foram separadas em parte aérea, sistema radicular e semente remanescente. Em cada uma destas diferentes partes quantificou-se a matéria seca e a concentração de fósforo.

TABELA 1. Relação dos doze híbridos duplos de milho utilizados no experimento¹.

Número	Material	Número	Material
1	HD 1	7	Cargill 511
2	HD 2	8	Pioneer 6875
3	HD 3	9	CMS 351
4	HD 4	10	CMS 352
5	HD 5	11	CMS 353
6	Cargill 111 S	12	CMS 354

¹ Os híbridos duplos de 1 a 5 e de 9 a 12 pertencem ao programa de melhoramento do CNPMS.

As condições ambientais da casa de vegetação durante o período experimental foram: média das temperaturas máximas de $33^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ e média das temperaturas mínimas de $21^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

As plantas foram colhidas com 27 dias de idade (20 dias de tratamento) e separadas em parte aérea e raiz. A seguir, o material foi colocado para secar em estufa a 75°C para a quantificação do peso de matéria seca. O material vegetal foi moído e após digestão nítrico-perclórica, foram determinadas as concentrações de fósforo pelo método de Murphy & Riley (1962).

Ensaio 2 - Para complementar as informações sobre a eficiência nutricional, foi introduzida uma repetição para os híbridos 1, 2, 3 e 9, escolhidos aleatoriamente. Nesta repetição não houve troca de solução nutritiva e as plantas de milho foram colhidas após estabilização do seu desenvolvimento (quantificado com medidas diárias de altura). As plantas dos tratamentos 0,3 e $0,9 \text{ mg P } \ell^{-1}$ foram colhidas onze dias após a aplicação dos tratamentos, e as relativas às doses de 2,7 e $5,4 \text{ mg P } \ell^{-1}$, aos 18 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo-se como referência os materiais 1, 2, 3 e 9, comuns aos ensaios 1 e 2, observou-se correlação significativa entre a matéria seca total (MST) e a relação matéria seca da parte aérea (MSPA)/matéria seca da raiz (MSR), independente da dose de fósforo na solução nutritiva, no ensaio 1 (Tabela 3). Assim, a produção de matéria seca acompanha o aumento de relação MSPA/MSR, ou seja, a parte aérea apresenta maiores acréscimos do que o sistema radicular. Deve-se observar que, no ensaio 2, onde não se efetuou troca de solução durante o

TABELA 3. Coeficientes de correlação entre a produção de matéria seca total (y) e relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz (x), em quatro doses de fósforo¹.

	Ensaio 1	Ensaio 2
$\hat{y} = f(P_1)$	0,9980***	0,7470 ns
$\hat{y} = f(P_1, P_2)$	0,8097***	0,6536*
$\hat{y} = f(P_1, P_2, P_3)$	0,9358***	0,5212***
$\hat{y} = f(P_1, P_2, P_3, P_4)$	0,9324***	0,4270***

ns = não significativo;

*, ***, significativo a 10% e 1%, respectivamente. Teste t.

¹ Dados obtidos para os híbridos 1, 2, 3 e 9.

período do ensaio, os valores dos coeficientes desta correlação decrescem. Estes dados não são coerentes com o mencionado por Clarkson (1985) para a cultura do feijão. Esta relação, como descrita pelo autor, não se correlaciona com a produção quando há um fornecimento suficiente de fósforo na solução.

Na Tabela 4 são apresentados os valores para os coeficientes de correlação entre a acumulação total de fósforo (ATP) e a relação teor de fósforo na parte aérea (PPA)/teor de fósforo no sistema radicular (PSR). Tanto no ensaio 1 como no ensaio 2, sua significância aumenta com a abrangência das doses mais altas de fósforo. Esta correlação indica que a acumulação total de fósforo acompanha o aumento do fósforo na parte aérea.

TABELA 2. Fonte e concentração dos nutrientes usados na solução nutritiva¹.

Elemento	Fonte	Concentração $\text{mg } \ell^{-1}$	Elemento	Fonte	Concentração $\text{mg } \ell^{-1}$
N - NH_4	NH_4NO_3	4,1	B	H_3BO_3	0,070
N - NO_3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	56,0	Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,640
	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		Fe	Fe HEDTA	4,000
	KNO_3		Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,010
K	K_2SO_4	29,4	Mn	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,130
	KNO_3		Mo	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,005
	KH_2PO_4				
Ca	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	50,8			
Mg	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6,6			
S	K_2SO_4	3,8			

¹ Solução proposta por Steinberg, modificada por Foy et al. (1967).

De modo análogo, aos dados da Tabela 3, ensaio 2, onde não se trocou a solução, as correlações são menores, principalmente nas doses mais baixas de fósforo.

Através da Tabela 5, pode-se verificar que, em relação ao fósforo total, o fósforo na parte aérea aumenta com as doses deste elemento na solução,

TABELA 4. Coeficientes de correlação entre a acumulação total de fósforo (y) e a relação teor de fósforo na parte aérea/teor de fósforo no sistema radicular (x), em quatro doses de fósforo¹.

	Ensaio 1	Ensaio 2
$\hat{y} = f(P_1)$	0,7736 ns	0,4429 ns
$\hat{y} = f(P_1, P_2)$	0,6402*	0,3475 ns
$\hat{y} = f(P_1, P_2, P_3)$	0,9478***	0,8299***
$\hat{y} = f(P_1, P_2, P_3, P_4)$	0,9477***	0,9135***

ns = não significativo;

*, ***, significativo a 10% e 1%, respectivamente. Teste t.

¹ Dados obtidos para os híbridos 1, 2, 3 e 9.

demonstrando a importância deste percentual para explicar as correlações significativas apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

Entre os ensaios 1 e 2, deve-se observar que o percentual do fósforo na parte aérea é maior no ensaio 2, do que no ensaio 1, dentro das mesmas quantidades de fósforo (Tabela 5).

Também em ambos os ensaios, a produção relativa da raiz decresce com o aumento da dose de fósforo, como discutido anteriormente. Dentro do ensaio 1, há maior participação do sistema radicular, do que no ensaio 2, tanto na presença de 11,06 como 33,18 μmol de P planta⁻¹ (Tabela 5).

No ensaio 1, com as trocas semanais da solução, houve fornecimento de maiores quantidades de outros nutrientes. Cole et al. (1963) demonstraram a importância do nitrogênio, dentre outros nutrientes, para maior expressão do fósforo. No ensaio dos referidos autores, tanto na dose P₁ (10⁻⁵M), como na dose P₂ (10⁻⁴M), houve aumento médio de 24% na produção de matéria seca com o aumento da dose de nitrogênio. Com relação a parte

TABELA 5. Percentual de fósforo na parte aérea em função do total; produção de raiz em relação ao total e relação entre as produções de matéria seca total dos ensaios 1 e 2.

Híbridos	Ensaio 1				Ensaio 2			
	$\mu\text{mol P planta}^{-1}$ na solução				$\mu\text{mol P planta}^{-1}$ na solução			
	11,06	33,18	99,54	199,08	3,7	11,06	33,18	66,36
P na parte aérea em relação ao total (%)								
1	59	58	66	71	52	51	64	65
2	52	62	69	78	56	62	66	67
3	52	59	67	77	55	56	62	71
9	58	58	68	73	55	68	66	71
Produção de raiz em relação ao total (%)								
1	44	39	30	29	45	46	35	33
2	45	38	29	24	43	42	34	33
3	45	36	26	21	45	42	34	31
9	42	39	28	25	41	39	34	30
MST ensaio 1/MST ensaio 2 ¹								
1	-	-	-	-	2,1 ²	2,0	1,8	1,6
2	-	-	-	-	2,1	2,0	1,7	1,6
3	-	-	-	-	1,9	1,8	1,7	1,6
9	-	-	-	-	2,2	2,1	1,9	1,8

¹ Dados calculados através de equações ajustadas com r² acima de 90%.

² Dados extrapolados.

aérea/sistema radicular, na dose P_1 houve um aumento de apenas 7% enquanto que na dose P_2 foi de 72%. Portanto, em maiores doses de fósforo, o aumento do nitrogênio favorece incremento da parte aérea.

A interação entre o fósforo e outro nutriente justifica as maiores produções obtidas no ensaio 1, quando em comparação com o ensaio 2, e o decréscimo da relação matéria seca total do ensaio 1/matéria seca total do ensaio 2.

Uma análise da Tabela 4 demonstra que as correlações menores e não significativas entre a acumulação total de fósforo e a relação teor de fósforo na parte aérea/teor de fósforo na raiz são obtidas em menores níveis de fósforo, quando as limitações de interações de fósforo x outros nutrientes tiverem menor oportunidade de ocorrer. A correlação mais alta, em doses mais altas, indica a necessidade de outro nutriente para a real expressão do fósforo absorvido, em conversão de matéria seca.

Na Tabela 6, observa-se que a produção média de matéria seca da parte aérea dos doze híbridos, avaliados no ensaio 1, é mais sensível a baixos teores de fósforo do que a da raiz. Este fato, já comprovado por outros pesquisadores (Loneragan & Asher 1967, Whiteaker et al. 1976), justifica a utilização somente da produção da parte aérea para avaliação dos híbridos mais eficientes em fósforo.

Utilizando-se o critério de eficiência definido por Fox (1978), as produções de matéria seca da parte aérea nas doses 0,3 e 5,4 $mg\ l^{-1}$ de fósforo na solução encontram-se representadas, respectivamente, nos eixos x e y do sistema de coordena-

das cartesianas (Fig. 1). Foram calculadas as médias gerais de produção das doses mais baixas (0,3 $mg\ l^{-1}$) e mais alta (5,4 $mg\ l^{-1}$) de fósforo. O diagrama foi dividido em quadrantes que permitiram a separação dos híbridos em quatro grupos de produção de matéria seca.

Os híbridos que se encontram no quadrante superior à direita (8, 9, 10 e 11) são considerados eficientes responsivos (ER), pois foram os que mais produziram em condições de baixo fósforo e também responderam bem ao incremento deste elemento.

O híbrido do quadrante superior esquerdo (12) é eficiente não responsivo (ENR), porque, apesar de produzir bem na dose baixa de fósforo, teve menor resposta ao aumento de fósforo na solução.

Os do quadrante inferior direito (2, 3, 4 e 5) são os ineficientes responsivos (IR), pois embora tenham respondido bem ao aumento de fósforo, não alcançaram a produção de matéria seca da ENR e ER em baixa dose deste elemento.

Finalmente, os do quadrante inferior esquerdo (1, 6 e 7) são os ineficientes não responsivos (INER), visto produzirem pouco em ambas as situações.

O resultado desta classificação, feita com base nas doses 0,3 e 5,4 $mg\ P\ l^{-1}$, não diferiu dos encontrados quando se utilizou as doses 0,9 e 5,4 $mg\ P\ l^{-1}$, 2,7 e 5,4 $mg\ P\ l^{-1}$.

Encontrou-se correlação positiva e significativa entre o teor de fósforo na semente e a produção de matéria seca total e da parte aérea nas doses 0,3; 0,9 e 2,7 $mg\ P\ l^{-1}$ (Tabela 7). Isto se explica, porque o fósforo proveniente da semente representou (média dos doze híbridos) cerca de 74%, 48% e 24%, respectivamente, do fósforo colocado à disposição das plantas nestas três doses. Na Tabela 8, observa-se que houve grande variação do fósforo total, entre os materiais em estudo, aos sete dias de idade, antes da aplicação dos tratamentos.

Apesar de os resultados obtidos evidenciarem diferenças na eficiência para fósforo entre os doze híbridos, estas foram mais em função do teor de fósforo na semente do que em virtude de diferenças genotípicas entre os materiais e foram também influenciadas pela quantidade de nutrientes na solução empregada.

TABELA 6. Produção relativa de matéria seca (PRMS) da parte aérea e raiz, em diferentes doses de fósforo na solução nutritiva (média dos doze híbridos).

Dose de P na solução $mg\ l^{-1}$	PRMS	
	Parte aérea	Raiz
	%	
0,3	24	36
0,9	37	71
2,7	78	95
5,4	100	100

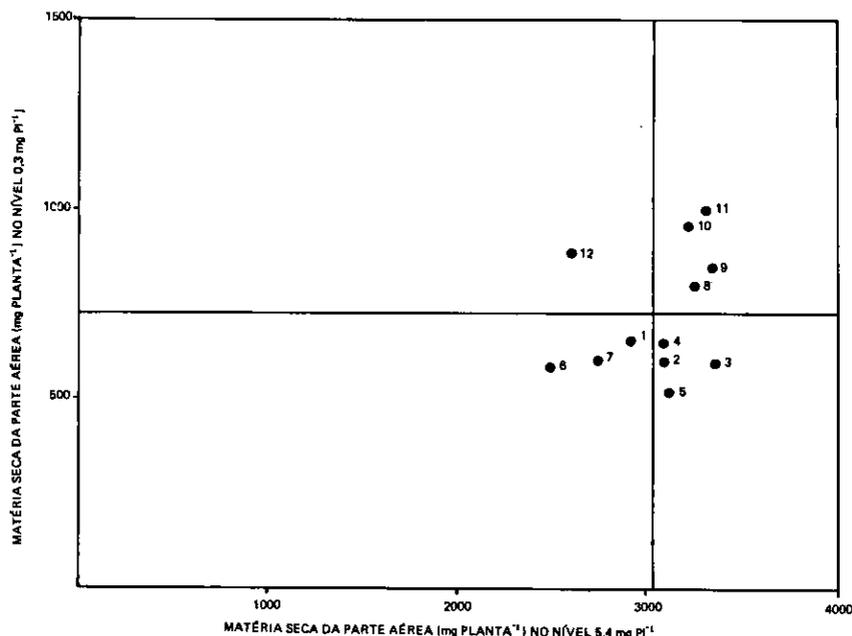


FIG. 1. Produção de matéria seca da parte aérea (mg planta^{-1}) de doze híbridos de milho nas doses 0,3 e 5,4 mg P l^{-1} .

TABELA 7. Correlação (r) entre o teor de fósforo na semente e a produção de matéria seca total e da parte aérea, nas 4 doses de fósforo.

Doses de P na solução mg l^{-1}	(r)	
	Matéria seca total	Matéria seca da parte aérea
0,3	0,825**	0,832**
0,9	0,712**	0,631*
2,7	0,691*	0,662*
5,4	0,062 ns	-0,043 ns

ns = não significativo;

** , * significativo a 1% e 5%, respectivamente.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Fox (1978), que encontrou correlação positiva e significativa entre o teor de fósforo na semente e a produção de matéria seca da parte aérea em 24 genótipos de milho, em experimento com solo, conduzido em casa de vegetação. De acordo com este autor, o vigor, tamanho e conteúdo de fósforo da semente influenciaram mais a taxa de crescimento relativo das plantas, em solos com baixos

teores de fósforo, nas primeiras três a quatro semanas, do que diferenças morfológicas ou fisiológicas na capacidade de absorver o fósforo.

Os efeitos do conteúdo de fósforo em sementes foram verificados não somente em milho, mas também em outras culturas. Austin (1966a, b) observou que sementes de agrião e ervilha, com baixos teores de fósforo, semeadas em solos deficientes neste elemento, originavam plantas menos vigorosas do que sementes que apresentavam grandes quantidades de fósforo.

Salinas & Sanchez (1976) usaram, para minimizar a influência das sementes em ensaios de curta duração, destacar as sementes remanescentes após a germinação completa das plântulas. Entretanto, observando-se os resultados da Tabela 8, verifica-se que aos sete dias de idade, antes da aplicação dos tratamentos, cerca de 50% do fósforo contido inicialmente nas sementes já havia translocado para a parte aérea e raiz. Os resultados obtidos por Vasconcellos (1986) demonstraram que, com a separação destas sementes, há alteração na relação matéria seca/unidade de fósforo absorvido. Por conseguinte, a proposição de Fox (1978), de se procurar selecionar plantas mais eficientes em con-

dições de campo, seria a mais indicada.

TABELA 8. Fósforo total (mg planta⁻¹) e percentagem nas partes da planta em relação ao total (sete dias de idade), antes da aplicação dos tratamentos.

Híbrido	Parte aérea	Raiz	Resíduo da semente	P total mg P planta ⁻¹
		%		
1	38	12	50	0,7958
2	47	14	39	0,7239
3	40	11	49	0,8186
4	37	18	45	0,8427
5	47	12	41	0,6490
6	25	6	69	1,0588
7	35	10	55	0,9031
8	35	12	53	1,0245
9	45	14	41	0,8678
10	30	13	57	1,3103
11	37	13	50	1,3072
12	35	13	52	1,1453
\bar{x}	38	12	50	0,9539

CONCLUSÕES

1. Foram encontradas diferenças na eficiência para fósforo entre os doze híbridos. Entretanto estas foram mais em função do teor de fósforo na semente do que em virtude de diferenças genotípicas entre materiais.

2. Houve influência da quantidade de nutrientes da solução nos resultados obtidos.

3. Constatou-se que a prática de se destacar as sementes remanescentes, após a germinação completa das plântulas, para minimizar a influência da semente, em ensaios de curta duração, não elimina o problema.

REFERÊNCIAS

AUSTIN, R.B. The growth of watercress (*Rorippa nasturtium aquaticum* (L.) Hayek) from seed as affected by the phosphorus nutrition of the parent plant. *Plant Soil*, 24:113-29, 1966a.

AUSTIN, R.B. The influence of the phosphorus and nitrogen nutrition of pea plants on the growth of their progeny. *Plant Soil*, 24:359-68, 1966b.

BAKER, D.E.; JARREL, A.E.; MARSHALL, L.E.; THOMAS, W.I. Phosphorus uptake from soil by corn hybrids selected from high and low phosphorus accumulation. *Agron. J.*, 62:103-6, 1970.

BROWN, J.C.; CLARK, R.B.; JONES, W.E. Efficient and inefficient use of phosphorus by sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:747-50, 1977.

CHAPIN, F.S. & BIELESKI, R.L. Mild phosphorus stress in barley and a related low-phosphorus - adapted barley grass. Phosphorus fractions and phosphate absorption in relation to growth. *Physiol. Plant.*, 54:309-17, 1982.

CLARK, R.B. & BROWN, J.C. Differential phosphorus uptake by phosphorus-stressed corn inbreds. *Crop Sci.*, 14:505-8, 1974.

CLARK, R.B.; MARANVILLE, J.W.; GORZ, H.J. Phosphorus efficiency of sorghum grown with limited phosphorus. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM IN PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS, 8., Auckland, 1978. *Proceedings. s.l., s.ed.*, 1978. p.93-9.

CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., Ilhéus, 1985. *Anais. Ilhéus, P. Cabala Rosand*, 1985. p.45-75.

COLE, C.V.; GRUNES, D.L.; PORTER, L.K.; OLSEN, S.R. The effects of nitrogen on short-term phosphorus absorption and translocation in corn (*Zea mays*). *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27:671-4, 1963.

ELLIOT, G.C. & LAÜCHLI, A. Phosphorus efficiency and phosphate-ion interaction in maize. *Agron. J.*, 77:399-403, 1985.

FAGERIA, N.K. & BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação de cultivares de arroz em função de suas tolerâncias ao baixo nível de fósforo disponível no solo. *R. bras. Ci. Solo*, 6:146-51, 1982.

FOX, R.H. Selection for phosphorus efficiency in corn. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 9:13-37, 1978.

FOY, C.D.; FLEMING, A.L.; BURNS, G.P.; ARMINGER, W.H. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Agron. J.*, 31:513-21, 1967.

FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. *Bragantia*, 44:129-47, 1985.

LONERAGAN, J.F. & ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. *Soil Sci.*, 103:311-8, 1967.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta.*, 27:31-6, 1962.

- NIELSEN, N.E. & BARBER, S.A. Differences among genotypes of corn in the kinetics of P uptake. *Agron. J.*, 5:695-8, 1978.
- PERBY, H. & JENSÉN, P. Varietal differences in uptake and utilization of nitrogen and other macro-elements in seedlings of barley, *Hordeum vulgare*. *Physiol. Plant.*, 58:223-30, 1983.
- SALINAS, J.G. & SANCHEZ, P.A. Tolerance to aluminum toxicity and low available soil phosphorus. In: *AGRONOMIC-ECONOMIC Research on Tropical Soils*. Raleigh, North Carolina State University, 1976. p.40-65.
- SMITH, S.N. Response of inbred lines and crosses in maize to variations of nitrogen and phosphorus supplied as nutrients. *J. Am. Soc. Agron.*, 26: 785-804, 1934.
- VASCONCELLOS, C.A. "Screening" de populações de milho em casa de vegetação. *Relat. téc. an. CNPMS*, 1986. p.39-40.
- WHITEAKER, G.; GERLOFF, G.C.; GABELLMAN, W. H.; LINDGREN, D. Interspecific differences in growth of beans at stress levels phosphorus. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 101:472-5, 1976.