

NUTRIÇÃO MINERAL DO GERGELIM (*Sesamum indicum* L).
II - CONCENTRAÇÃO E ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES
EM CONDIÇÕES DE CAMPO*

ROMILDO ALBUQUERQUE DOS SANTOS
HENRIQUE PAULO HAAG
KEIGO MINAMI

RESUMO

Tendo-se como objetivo conhecer o comportamento nutricional da cultura de Gergelim (*Sesamum indicum* L.), instalou-se um ensaio no campo experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura, da Escola Supe-

-
- * Parte dos dados da Tese do primeiro autor, apresentada à ESALQ, USP. Entregue para publicação em 30 - 12-1982.
 - ** Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Piauí.
 - *** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.
 - **** Departamento de Agricultura e Horticultura, E.S.A. "Luiz de Queiroz".

rior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, visando determinar as concentrações e acúmulo de micronutrientes pelo cultivar Venezuela em diferentes estádios de desenvolvimento, e avaliar a exportação pela colheita.

O experimento foi conduzido no decorrer do ano agrícola 1981/1982, num solo Terra Roxa Estruturada, Série Luiz de Queiroz.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com um cultivar, oito épocas de amostragem e quatro repetições.

As primeiras amostras foram coletadas 28 dias após a emergência das plântulas (desbaste) e as demais em intervalos regulares de 12 dias, de tal maneira que sempre houvessem outras quatro competitivas na fileira.

No material coletado (folha, caule e fruto), determinou-se os teores e acúmulo de micronutrientes, com exceção do molibdênio e cloro.

Concluiu-se que:

- a concentração dos micronutrientes foi sempre maior nas folhas do que nos caules;
- a acumulação dos micronutrientes foi sempre maior nas folhas do que nos caules, com exceção do zinco;
- a concentração dos micronutrientes nos órgãos amostrados, ocorreu na seguinte ordem:

Folha:

Fe(772,46ppm) > Mn(311,83ppm) > Zn
(117,20ppm) > B(95,33ppm) > Cu(22,99
ppm).

Caule:

Fe(528,08ppm) > Mn(148,41ppm) > B
(72,28ppm) > Zn(65,09ppm) > Cu(15,89
ppm).

Fruto:

Fe(282,24ppm) > B(4104ppm) > Mn
(30,87ppm) > Zn(22,04ppm) > Cu(16,33
ppm).

- A acumulação total dos micronutri-
entes pela planta inteira foi cres-
cente com a idade até os 112 dias,
com exceção do B nas folhas e B e
Fe nos caules;

- a acumulação pela planta (mg/plan-
ta) foi em ordem decrescente:

Fe(134,42) > Mn(21,64) > Zn(10,54) >
B(8,01) > Cu(3,81);

- a exportação através da colheita
(mg/planta) foi em ordem decrescen-
te:

Fe(67,17) > B(3,92) > Mn(3,75) > Zn
(2,67) > Cu(1,54).

INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), pertence à famí-
lia das Pedaliáceas, gênero *Sesamum*, do qual se co-

hece várias espécies, a maioria em estado silvestre no continente africano.

Sua origem ainda não está suficientemente definida, variando as afirmativas dos especialistas entre as regiões da Ásia e da África.

Pesquisas efetuadas por VOSE (1963) e EPSTEIN (1972), evidenciaram as possibilidades de selecionarmos plantas com capacidade diferente de absorver, translocar ou utilizar eficientemente os nutrientes, em função dos inúmeros genótipos formadores de um cultivar.

É ampla a existência de informações sobre a cultura do gergelim, porém no que diz respeito aos aspectos nutricionais em condições de campo, a literatura é completamente omissa.

Com referência à absorção dos micronutrientes pela cultura em estudo, constitui esta a primeira informação de caráter técnico científico.

Pela importância que representa o gergelim na Região Nordeste do Brasil e, devido à completa carência de dados sobre os micronutrientes na sua nutrição mineral, resolveu-se pesquisar o assunto com o cultivar Venezuela, nos seguintes aspectos:

- a) absorção de micronutrientes (boro, cobre, ferro, manganês e zinco), em oito épocas de desenvolvimento;
- b) exportação de micronutrientes pela cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campos experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura (ESALQ-Piracicaba) no ano agrícola 1981/1982.

O solo foi classificado com Terra Roxa Estruturada, Série "Luiz de Queiroz" (RANZANI *et alii*, 1966), apresentando os seguintes teores: cobre - 18,53ppm; ferro 79,97 ppm; manganês - 93,15ppm e zinco - 10,38ppm (Extrator Tritiplex V).

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com um cultivar em oito épocas e quatro repetições.

O cultivar é bastante ramificado, com maturação uniforme, ciclo de 120-150 dias e de melhor adaptação às condições de clima seco. A planta ao amadurecer verde, suas sementes são de cor castanha clara, com 49,10% de óleo e um peso de mil sementes de 2,84 gr. (CANECHIO & TELLA, 1957).

A semeadura foi realizada em 11 de dezembro de 1981, em sulcos de 0,025 metros de profundidade, no espaçamento de 1,00 m x 0,025 m, contendo 16 sementes por metro linear.

Decorridos 28 dias da emergência das plântulas procedeu-se ao desbaste (1ª época de amostragem) e, em intervalos regulares de 12 dias, coletou-se órgãos das plantas até 112 dias (fortificação), integralizando oito estádios de desenvolvimento do cultivar.

Após a coleta, as plantas foram separadas em folhas, caules e frutos, pesados e lavados conforme as recomendações técnicas de SARRUGE & HAAG (1974). Após a secagem em estufa de circulação forçada (70-80°C), o material foi moído.

Com as análises químicas dos micronutrientes, exceto molibdênio e cloro, procedem-se:

- análise de variância referente às quantidades de matéria seca, às concentrações e acúmulos dos micronutrientes;

- ajuste de equações de regressão para os parâmetros pesquisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Boro

A concentração e o acúmulo de boro, pelos órgãos amostrados do cultivar, em função do estágio de desenvolvimento, encontram-se na Tabela 1, bem como as respectivas análises de variância.

Os dados revelaram a significância ao nível de 1% de probabilidade para as folhas, caules e frutos.

Os dados de concentração e acúmulo, foram ajustadas equações de regressão, consoante a Tabela 2.

A concentração de boro nas folhas foi máxima aos 100 dias com 95,33ppm, enquanto sua acumulação foi acelerada aos 76,70 dias com 1,77 mg/planta atingindo o máximo aos 112,87 dias, com 3,62 mg/planta, valores estimados através da equação de regressão do 3º grau. Este período crítico de 36 dias, corresponde às fases de florescimento e frutificação da planta, acumulando 50% das exigências nutricionais. Inferese daí, que os outros 50% são absorvidos desde a emergência até o ponto de inflexão (76,70 dias), o que se torna prático recomendar, que este nutriente esteja disponível às plantas a partir dos 28 dias.

A concentração máxima nos caules, ocorrida aos 45,62 dias foi de 72,28ppm e sofreu inflexão aos 73,53 dias com 43,46 ppm, sob ajuste da equação de regressão do 3º grau. A acumulação de boro neste órgão com valores estimados por equação de regressão do 3º grau, após apresentar um máximo aos 52 dias com 0,47mg/planta, decresce -

Tabela 1 - Concentração e acúmulo de boro nos órgãos do cultivar Venezuela, em função do estágio de desenvolvimento das plantas (Média de 4 repetições).

Órgão	Idade das plantas 1/														
	28			40			52			64			76		
	ppm ^{2/}	mg/pl ^{3/}	kg/ha ^{4/}	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha
Folha	49,77c ^{5/}	0,08c	0,003	81,99ab	0,23c	0,009	55,83bc	0,38c	0,015	41,00c	0,75c	0,030	55,75bc	1,56bc	0,062
Caulo	47,96b	0,10c	0,004	72,67a	0,37c	0,014	86,42a	0,43c	0,017	35,75bcd	0,65c	0,026	40,50bc	0,44c	0,017
Fruto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	97,73	0,18	0,007	154,66	0,60	0,023	142,25	0,81	0,032	76,75	1,40	0,056	96,25	2,00	0,079

Órgão	Idade das Plantas												Valores					
	88			100			112			F			D.M.S. ^{6/}			C.V.		
	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha
Folha	88,50a	1,45bc	0,058	87,75a	5,02a	0,20	47,50c	3,99b	0,15	9,98**	24,60**	28,67	1,59	19,29	43,41	-	-	-
Caulo	28,25cd	0,69c	0,027	19,00d	1,91b	0,07	18,25d	2,95a	0,11	34,92**	45,26	19,52	0,67	19,13	30,56	-	-	-
Fruto	39,50a	0,61c	0,024	39,75a	2,20b	0,08	30,75b	3,95a	0,15	9,05**	232,72	6,72	0,36	9,92	8,20	-	-	-
Total	156,25	2,75	0,109	146,50	9,13	0,35	96,50	10,89	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1/ Dias após emergência - desbaste
 2/ ppm = parte por milhão
 3/ mg/pl = miligramas por planta.
 4/ kg/ha = quilogramas por hectare (40.000 plantas).
 5/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, estatisticamente.
 6/ D.M.S. = diferença mínima significativa (Tukey) - 5% de probabilidade.

Tabêla 2 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2), pontos de mínimo inflexão e máximo (dias), da concentração (ppm) e do acúmulo de boro (mg/planta), nos órgãos do cultivar Venezuela, em função da idade das plantas.

Órgãos	Equações	r^2	Mínimo (dias)	Inflexão (dias)	Máximo (dias)
Folha	$\gamma_c^{1/}$ = $-604,46 + 49,66x - 1,27x^2 + 0,013x^3 - 0,0000496x^4$	0,92	-	-	-
	γ_a = $4,710 - 0,267x + 0,00448x^2 - 0,0000915x^3$	0,91	40	76	112
Caule	γ_c = $-106,133 + 0,199x - 0,146x^2 + 0,000662x^3$	0,80	101	73	45
	γ_a = $-2,503 + 0,158x - 0,00277x^2 + 0,0000161x^3$	0,92	62	57	52
Fruto	γ_c = $-73,125 - 0,364x$	0,72	-	-	-
	γ_a = $-11,627 + 0,138x$	0,99	-	-	-

1/ γ_c = concentração em partes por milhão.

2/ γ_a = acumulação em miligramas por planta.

ceu rápida aos 57,35 dias, com 0,46 mg/planta através do ponto de inflexão estimado, fase coincidente com o início do florescimento.

A acumulação pelos frutos até os 112 dias foi de 3,92 mg/planta, superior àquela absorvida pelas folhas e, foi representada por equação de regressão do 1º grau. A sua concentração também foi linear, apresentando aos 88 dias da emergência das plântulas valores correspondentes a 41,04ppm.

Cobre

A concentração e o acúmulo de cobre, pelos órgãos amostrados em função do estágio de desenvolvimento, encontram-se na Tabela 3, bem como as respectivas análises de variância.

O teste "F" evidenciou efeitos significativos, ao nível de 1% de probabilidades, para a acumulação do nutriente nos órgãos amostrados. A mesma significância ocorreu para a concentração no caule, enquanto que os resultados não diferiram entre si para as concentrações nas folhas e nos frutos.

Aos dados de concentração e acúmulo, foram ajustadas equações de regressão, conforme a Tabela 4.

Foram ajustadas equações de regressão do 2º grau, para a concentração e acúmulo do nutriente nas folhas. Aos 71,37 dias da emergência, estimou-se o máximo de concentração em 22,99 ppm, sendo que sua acumulação não atingiu o pico máximo até os 112 dias com 1,30 mg/planta.

A absorção do nutriente, portanto, é crescente com a idade da planta até o período final da amostragem (112 dias), à semelhança do crescimento mensurado em matéria seca, e torna-se prático que o nutriente esteja disponível às plantas desde a época do desbaste (28 dias da emergência).

Tabela 3 - Concentração e acúmulo de cobre nos órgãos do cultivar Venezuela, em função do estágio de desenvolvimento das plantas (Média de 4 repetições).

Órgão	Idade das Plantas 1/																	
	28			40			52			64			76					
	ppm ^{2/}	mg/pl ^{3/}	kg/ha ^{4/}	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha			
Folha	14,75a ^{5/}	0,02d	0,008	20,00a	0,05d	0,0020	19,25a	0,13d	0,005	26,75a	0,52c	0,020	18,25a	0,50c	0,020			
Caulo	16,50a	0,04c	0,0016	15,00a	0,05c	0,0020	11,00b	0,34bc	0,013	11,00b	0,11c	0,004	9,00bc	0,10c	0,004			
Fruto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Total	31,25	0,06	0,0024	35,00	0,10	0,0040	30,25	0,47	0,013	37,75	0,63	0,024	27,25	0,60	0,024			
Continuação																		
Órgão	Idade das Plantas												Valores					
	88			100			112			F			D.M.S. ^{6/}			C.V.		
	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha
Folha	24,25a	0,59c	0,023	19,75a	1,35a	0,054	16,25a	1,02b	0,040	1,34	71,54**	15,92	0,26	34,18	21,24	-	-	-
Caulo	8,00bcd	0,48abc	0,019	6,75cd	0,75ab	0,030	4,50d	0,96a	0,038	23,56**	9,74**	3,90	0,52	16,32	62,25	-	-	-
Fruto	16,50a	0,25c	0,010	14,00a	0,77b	0,030	12,50a	1,60a	0,067	3,67	205,17**	4,16	0,18	14,70	10,5	-	-	-
Total	48,75	1,32	0,052	0,050	2,87	0,117	33,25	3,58	0,142	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1/ Dias após emergência - desbaste

2/ ppm = partes por milhão

3/ mg/pl = miligramas por planta.

4/ kg/ha = quilogramas por hectare (40.000 plantas)

5/ Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, estatisticamente.

6/ D.M.S. = diferença mínima significativa (Tukey) - 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2), pontos de mínimo, inflexão e máximo (dias), da concentração (ppm) e do acúmulo de cobre (mg/planta), nos órgãos do cultivar Venezuela, em função da idade das plantas.

Órgãos	Equações	r^2	Mínimo (dias)	Inflexão (dias)	Máximo (dias)
Folha	$\gamma_c^1 = 1,896 + 0,587x - 0,00408x^2$	0,56	25	-	71
	$\gamma_a^2 = 0,143 - 0,00847x + 0,000168x^2$	0,97	-	-	-
Caulo	$\gamma_c = 19,680 - 0,135x$	0,96	-	-	-
	$\gamma_a = 0,366 - 0,0142x + 0,000175x^2$	0,87	40	-	-
Fruto	$\gamma_c = 31,000 - 0,166x$	0,98	-	-	-
	$\gamma_a = -4,740 + 0,0561x$	0,98	-	-	-

1/ γ_c = concentração em partes por milhão.

2/ γ_a = acumulação em miligramas por planta.

As equações de regressão do 1º grau são indicativas das concentrações do nutriente nos caules e frutos, assim como na acumulação pelos frutos, que não atingiu o máximo até os 112 dias com 1,54 mg/planta.

Nos caules da planta, foi ajustada equação de regressão do 2º grau para a acumulação do cobre, não tendo esta atingida o máximo até os 112 dias da emergência com 0,97 mg/planta, enquanto sua concentração apresentou um pico máximo na primeira amostragem (28 dias) com 15,89 ppm.

Nos frutos, a concentração foi de natureza linear apresentando 16,33 ppm aos 88 dias e sua acumulação não atingiu o máximo até os 112 dias com 1,54 mg/planta.

No período de amostragem das plantas, verificou-se a superioridade de acúmulo pelos frutos quando comparados com a parte vegetativa, indicando a mobilidade do nutriente conforme as exigências da planta.

Ferro

A concentração e acúmulo de ferro, pelos órgãos amostrados, em função do estágio de desenvolvimento, encontram-se na Tabela 5, bem como as respectivas análises de variância.

É perceptível a significância ao nível de 1% de probabilidade para as folhas, caules e frutos.

Aos dados de concentração e acúmulo, foram ajustadas equações de regressão, consoante a Tabela 6.

A concentração do ferro nas folhas apresentou-se máxima aos 61,67 dias com 772,46 ppm decrescendo conforme a idade da planta, aos 75,38 dias (P.I.), valores estimados por equação de regressão do 2º grau. Neste órgão, a acumulação do nutriente foi estudada pelo ajuste da equação de 3º grau, com um ponto de inflexão aos 59,73 dias com 10,61 mg/planta e atingindo um máximo aos 112 dias com 64,70 mg/planta. Inference-se daí que o período

Tabela 5 - Concentração e acúmulo de ferro nos órgãos do cultivar Venezuela, em função do estágio de desenvolvimento das plantas (Médias de 4 repetições).

Órgão	Idade das Plantas 1/														
	28			40			52			64			76		
	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha
Folha	30,00d	0,15e	0,006	320,25cd	0,90e	0,036	760,00b	5,27de	0,210	866,25ab	18,87c	0,754	710,75b	18,45c	0,738
Caulo	579,25a	0,99b	0,039	435,00ab	1,43b	0,057	387,50ab	2,51b	0,100	211,25	2,36b	0,094	234,50bc	3,79	0,151
Fruto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	609,25	1,14	0,045	757,25	2,33	0,093	1147,50	7,78	0,310	1077,50	21,23	0,848	945,25	22,24	0,889

Órgão	Idade das Plantas												Valores			
	88			100			112			F			D.M.S. 5/	C.V.		
	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	ppm	mg/pl
Folha	718,75b	14,81cd	0,592	595,00bc	34,02b	1,360	1060,75a	67,17a	2,686	25,67**	86,92**	298,23	11,10	20,14	23,78	23,78
Caulo	68,00c	2,78b	0,111	58,25c	5,23b	0,209	70,25c	11,24a	0,449	11,42**	8,17**	273,33	5,36	45,27	60,60	60,60
Fruto	105,50b	1,64b	0,065	79,75	4,31b	0,172	282,25a	67,17	2,686	95,29**	2188,03**	44,60	3,13	14,49	6,50	6,50
Total	892,25	19,23	0,768	733,00	43,56	1,741	1413,25	145,58	5,821	-	-	-	-	-	-	-

1/ Dias após emergência - desbaste.
 2/ ppm = partes por milhão.
 3/ mg/pl = miligramas por planta.
 4/ kg/ha = quilogramas por hectare (40.000 plantas).
 5/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, estatisticamente.
 6/ D.M.S. = diferença mínima significativa (Tukey) - 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2), pontos de mínimo, inflexão e máximo (dias), da concentração (ppm) e do acúmulo de ferro (mg/planta), nos órgãos do cultivar Venezuela, em função da idade das plantas.

Órgãos	Equações	r^2	Mínimo (dias)	Inflexão (dias)	Máximo (dias)
	$\gamma_c^{1/}$ = $-2,998,027 + 158,936x - 2,180x^2$	0,90	61	75	89
Folha	$\gamma_a^{2/}$ = $-68,581 + 3,809x - 0,1623x^2 + 0,000348x^3$	0,99	-	59	-
	γ_c = $708,138 - 6,430x$	0,91	-	-	-
Caule	γ_a = $-11,860 + 0,780x - 0,0124x^2 + 0,0000681x^3$	0,95	51	60	69
	γ_c = $7268,638 - 151,142x + 0,792x^2$	0,99	-	-	95
Fruto	γ_a = $1821,130 - 39,066x + 0,208x^2$	0,99	-	-	93

1/ γ_c = concentração em partes por milhão

2/ γ_a = acumulação em miligramas por planta.

do crítico é de 52 dias, coincidindo inclusive com o início do florescimento e intensa frutificação.

No caule da planta, a concentração de 528,08 ppm foi máxima aos 28 dias da emergência, sendo sua acumulação aos 60,77 dias correspondente a 2,46 mg/planta e atingindo um ponto máximo aos 51,96 dias com 2,55 mg/planta. Percebe-se neste órgão amostrado que o ferro teve a mínima acumulação durante o período de desenvolvimento da cultura, sendo estes dados decorrentes do ajuste da equação de regressão do 3º grau.

A concentração e o acúmulo de ferro pelos frutos, ajustados por equações de regressão do 2º grau, evidenciaram seus teores máximos, até os 112 dias da emergência, com 282,24 ppm e um acúmulo correspondente a 67,17 mg/planta. Percebe-se que o acúmulo de ferro pelos frutos foi superior àquele das folhas e caule, indicando a translocação do nutriente.

Manganês

A concentração e o acúmulo de manganês, pelos órgãos amostrados do cultivar, em função do estágio de desenvolvimento, encontram-se na Tabela 7, bem como as respectivas análises de variância.

Os efeitos foram significativos ao nível de 1% de probabilidades para a acumulação do nutriente nos órgãos amostrados, bem como para a concentração nas folhas. Para concentrações nos caules a significância foi de 5% de probabilidades, não diferindo entre si, estatisticamente, a concentração nos frutos.

Aos dados de concentração e acúmulo, foram ajustadas equações de regressão, conforme a Tabela 8.

Foram ajustadas equações de regressão de 2º grau para a concentração e acúmulo do manganês nas folhas da planta.

Tabela 7 - Concentração e acúmulo de manganês nos órgãos do cultivar Venezuela, em função do estágio de desenvolvimento das plantas (Média de 4 repetições).

Órgão	Idade das plantas 1/														
	28			40			52			64			76		
	ppm 2/	mg/pl 3/	kg/ha 4/	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha
Folha	342,25a5/	0,56c	0,022	202,50ab	0,58c	0,023	237,25ab	1,67bc	0,066	194,00b	3,83b	0,153	155,00b	4,23b	0,169
Caulo	179,75a	0,33c	0,013	71,25ab	0,22c	0,008	148,00ab	0,94c	0,037	103,00ab	1,26c	0,050	74,50ab	1,07c	0,042
Fruto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	522,00	0,89	0,035	273,75	0,80	0,031	385,25	2,61	0,103	297,00	5,09	0,203	229,50	5,30	0,211

Órgão	Idade das Plantas												Valores			
	88			100			112			F			O.M.S. 6/			C.V.
	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	ppm	mg/pl
Folha	169,25b	3,44bc	0,137	198,25b	11,36a	0,454	165,50b	10,48a	0,419	4,26**	38,91**	136,22	3,14	27,98	29,49	
Caulo	37,50b	1,50	0,060	44,75ab	4,06b	0,162	41,25	6,51a	0,260	3,20*	21,06**	137,27	2,22	67,04	47,83	
Fruto	27,25a	0,41c	0,016	30,00a	1,66b	0,066	30,50a	3,91a	0,156	0,23	161,31**	14,23	0,55	24,64	13,99	
Total	234,00	5,35	0,213	273,00	17,08	0,682	237,25	20,90	0,835	-	-	-	-	-	-	

1/ Dias após emergência - desbaste

2/ ppm = partes por milhão.

3/ mg/pl = miligramas por planta.

4/ kg/ha = quilogramas por hectare (40.000 plantas).

5/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, estatisticamente.

6/ D.M.S. = diferença mínima significativa (Tukey) - 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2), pontos de mínimo, inflexão e máximo (dias), da concentração (ppm) e do acúmulo de manganês (mg/planta), nos órgãos do cultivar Venezuela, em função da idade das plantas.

Órgãos	Equações	r^2	Mínimo (dias)	Inflexão (dias)	Máximo (dias)
	$\gamma_c^{1/}$ = $481,939 - 7,221x + 0,0409x^2$	0,76	88	-	-
Folha	$\gamma_a^{2/}$ = $1,308 - 0,0661x + 0,00138x^2$	0,85	23	-	-
	γ_c = $189,027 - 1,450x$	0,65	-	-	-
Caule	γ_a = $-4,343 + 0,276x - 0,00500x^2 + 0,0000303x^3$	0,98	-	55	-
Fruto	γ_a = $-12,605 + 0,146x$	0,97	-	-	-

1/ γ_c = concentração em partes por milhão.

2/ γ_a = acumulação em miligramas por planta.

Decorridos 28 dias da emergência das plântulas a concentração nas folhas foi de 311,83 ppm, enquanto seu ponto de máxima acumulação não foi atingido até aos 112 dias com 11,30 mg/planta.

Nos caules, o manganês evidenciou uma concentração de 148,41 ppm aos 28 dias, valor estimado por equação de regressão do 1º grau, enquanto a acumulação inflexionou-se aos 54,91 dias com 0,81 mg/planta, sendo crescente até os 112 dias de coleta com seu ponto máximo de 6,59 mg/planta. Verifica-se um período crítico de 57 dias, coincidindo com o início do florescimento até a intensa frutificação.

Por ocasião da frutificação, a concentração não foi significativa, sendo ajustada equação de regressão do 1º grau para a respectiva acumulação, não sendo esta atingida no seu ponto máximo até os 112 dias com 3,75 mg/planta. A acumulação pelos frutos através de valores estimados foi menor do que os encontrados nas folhas e/ou nos caules.

Zinco

A concentração e o acúmulo de zinco, pelos órgãos amostrados do cultivar, em função do estágio de desenvolvimento, encontram-se na Tabela 9, bem como as respectivas análises de variância.

Apenas para a concentração nos frutos, o teste "F" não revelou significância, enquanto para a concentração nas folhas, caules e acúmulos nos órgãos amostrados, os efeitos foram significativos ao nível de 1% de probabilidades.

Aos dados de concentração e acúmulo, foram ajustadas equações de regressão, conforme a Tabela 10.

A presença do nutriente nas folhas condicionou o ajuste de regressão do 2º grau, para a concentração e acúmulo de zinco.

Tabela 9 - Concentração e acúmulo de zinco nos órgãos do cultivar Venezuela, em função do estágio de desenvolvimento das plantas (Média de 4 repetições).

Órgão	Idade das plantas 1/														
	28			40			52			64			76		
	ppm ^{2/}	mg/pl ^{3/}	kg/ha ^{4/}	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha
Folha	82,50 ^a	0,13 ^d	0,005	74,25 ^{ac}	0,20 ^d	0,006	52,25 ^{bc}	0,35 ^{cd}	0,014	40,25 ^c	0,86 ^c	0,034	29,75 ^c	0,53	0,033
Caulo	121,00 ^a	0,36 ^c	0,014	95,30 ^{ab}	0,63 ^c	0,025	52,25 ^b	0,90 ^{bc}	0,036	38,25 ^b	1,42 ^{bc}	0,056	40,00 ^b	1,56 ^{bc}	0,062
Fruto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	203,50	0,49	0,019	167,75	0,83	0,033	105,50	1,25	0,040	78,50	2,28	0,090	69,75	2,39	0,095

Órgão	Idade das plantas												Valores					
	88			100			112			F			D.M.A. 6/			C.V.		
	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha	ppm	mg/pl	kg/ha
Folha	42,50 ^c	0,87 ^c	0,034	49,25 ^{bc}	2,61 ^a	0,112	32,50 ^c	2,05 ^b	0,082	6,53 ^{ab}	57,49 ^{ab}	55,64	0,58	39,42	24,44	-	-	-
Caulo	50,75 ^b	2,65 ^b	0,106	38,00 ^b	4,93 ^a	0,197	38,75 ^b	5,06 ^a	0,202	10,23 ^{ab}	22,55 ^{ab}	136,56	1,84	59,16	35,86	-	-	-
Fruto	22,00 ^a	0,33 ^a	0,013	21,75 ^a	1,33 ^b	0,053	21,25 ^a	2,73	0,107	0,02	47,01 ^{ab}	8,10	0,69	18,93	23,94	-	-	-
Total	115,25	3,85	0,153	109,00	9,07	0,362	92,50	9,84	0,393	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1/ Dias após emergência - desbaste.

2/ ppm = partes por milhão.

3/ mg/pl = miligramas por planta.

4/ kg/ha = quilogramas por hectare (40.000 plantas).

5/ Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, estatisticamente.

6/ D.M.S. = diferença mínima significativa (Tukey) - 5% de probabilidade.

Tabela 10 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2), pontos de mínimo, inflexão e máximo (dias), da concentração (ppm) e do acúmulo de zinco (mg/planta), nos órgãos do cultivar Venezuela, em função da idade das plantas.

Órgãos	Equações	r^2	Mínimo (dias)	Inflexão (dias)	Máximo (dias)
	$\gamma_c^{1/} = 206,013 - 3,749x + 0,0206x^2$	0,92	90	-	-
Folha	$\gamma_a^{2/} = 0,135 - 0,00804x + 0,000255x^2$	0,91	15	-	-
	$\gamma_c = 932,917 - 32,260x + 0,397x^2 - 0,000162x^3$	0,95	75	81	87
Caule	$\gamma_a = 1,109 - 0,0443x + 0,000740x^2$	0,95	30	-	-
Fruto	$\gamma_a = -8,550 + 0,100x$	0,99	-	-	-

γ_c = concentração em partes por milhão

γ_a = acumulação em miligramas por planta.

A concentração evidenciou um máximo aos 28 dias da emergência decrescendo com a idade da planta, enquanto a acumulação não atingiu seu ponto máximo até os 112 dias com 2,44 mg/planta.

Nos caules, foi ajustada equação de regressão do 3º grau para a concentração do nutriente, mostrando aos 87,20 dias da emergência, valores máximos estimados em 64,09 ppm (fase de 70% florescimento e 30% frutificação).

Os acúmulos de zinco nos caules da planta, ajustou-se equação de regressão do 2º grau, e seu valor estimado em 5,43 mg/planta, atingiu até os 112 dias da emergência seu ponto máximo.

Nos frutos, a concentração não diferiu entre si nas épocas amostradas, enquanto sua acumulação representou-se por equação de regressão do 1º grau e o seu ponto máximo não foi atingido até os 112 dias, com 2,65 mg/planta.

Percebe-se que a acumulação de zinco nos frutos foi menor do que a contida nos caules e maior do que nas folhas.

CONCLUSÕES

A concentração de micronutrientes foi sempre maior nas folhas do que nos caules.

A concentração de micronutrientes até aos 112 dias obedeceu à seguinte ordem decrescente:

Folha:

Fe(772,46ppm) > Mn(311,83ppm) > Zn(117,20ppm) > B(95,33ppm) > Cu(22,99ppm).

Caule:
 Fe(528,08ppm) Mn(128,41ppm) > B(72,28ppm) Zn
 (65,09ppm) Cu(15,89ppm).

Fruto:
 Fe(282,24ppm) > B(41,04ppm) > Mn(30,87ppm) Zn
 (22,04ppm) Cu(16,33ppm).

A acumulação dos micronutrientes foi sempre maior nas folhas do que nos caules, com exceção apenas do zinco.

A planta evidenciou o máximo acúmulo (mg/planta) na seguinte ordem decrescente:

Folha:
 Fe(64,70) > Mn(11,30) > B(3,62) > Zn(2,44) Cu
 (1,30).

Caule:
 Mn(6,59) > Zn(5,43) Fe(2,55) > Cu(0,97) B(0,47).

Fruto:
 Fe(67,17) B(3,92) Mn(3,75) > Zn(2,67) Cu
 (1,54).

A acumulação pela planta inteira (mg/planta) foi em ordem decrescente:

Fe(134,42) > Mn(21,64) > Zn(10,54) > B(8,01) Cu
 (3,81).

A acumulação dos nutrientes foi crescente com a idade das plantas até os 112 dias, com exceção do B nas folhas e B e Fe nos caules.

*SUMMARY***MINERAL NUTRITION OF SESAME PLANTS (*Sesamum indicum* L.). II - CONCENTRATION AND ACCUMULATION OF MICRONUTRIENTS UNDER FIELD CONDITIONS**

A field experiment was set in Piracicaba (SL: 22°41'31" and LW: 47°38'01"), State of São Paulo, Brazil, in a soil classified as "Terra Roxa Estruturada (Al fissor), Série Luiz de Queiroz", in order to study: the concentration of micronutrients in the different plant organs; the accumulation of micronutrients by the whole plant and the exportation of micronutrients through the pods. Plants (4 replications) with 28, 40, 52, 64, 76, 88, 100, and 120 days from emergence were collected and divided into leaves, stems and pods. The material was dried at 80°C and analysed for some micronutrients. The results were as follows: the accumulation of micronutrients was always higher in the leaves than in the stems, except for Zn; the total accumulation of micronutrients by the whole plant increased with aging until 112 days, except for B in the leaves and B and Fe in the stems; the accumulation of micronutrients (mg) at the final growth stage was: Fe(134.42) Mn(2164) Zn(1054) B(8.01) Cu(3.81); the concentration of micronutrients in the leaves, stems and pods occurred in the following order:

Leaves: Fe(772 ppm) > Mn(311 ppm) > N(117 ppm) > B(95 ppm) > Cu(23 ppm).

Stems: Fe(528.08 ppm) > Mn(148.41 ppm) > B(72.28 ppm) > Zn(65.09 ppm) > Cu(15.89 ppm).

Pods: Fe(282.24 ppm) > B(41.04 ppm) > Mn(30.87 ppm) > Zn(22.04 ppm) > Cu(16.33 ppm).

LITERATURA CITADA

- CANECHIO, V.; R. de TELLA, 1957. Instruções para a cultura do Gergelim. O Agrônomo **9**(7/8): 13-16.
- EPSTEIN, E., 1972. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**, John Wiley, New York, London, 412 p.
- RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO, T., 1966. **Carta de solos do município de Piracicaba**, Piracicaba, ESALQ/USP, Centro de Estudos de Solos, 85 p.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. **Análises químicas em plantas**, Piracicaba, ESALQ/USP, Departamento de Química, 56 p.