

# BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

---

Vol. 35

Campinas, julho de 1976

N.º 21

---

## ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES, EM SOJA CULTIVAR SANTA-ROSA (1)

ONDINO C. BATAGLIA (2), *Seção de Química Analítica*, HIPÓLITO A. A. MASCARENHAS (2), *Seção de Leguminosas*, J. P. F. TEIXEIRA, *Seção de Química Analítica*, e O. TISSELI F.º, *Seção de Leguminosas, Instituto Agrônomo*

### SINOPSE

Estudou-se o acúmulo de matéria seca e a absorção de macronutrientes pela soja, cultivar santa-rosa, em estádios sucessivos de desenvolvimento. As amostragens da parte aérea foram feitas a intervalos de 20 dias num ensaio em São Simão, em latossolo roxo de textura média sob vegetação de cerrado.

O máximo de matéria seca acumulada durante o ciclo ocorreu aos 90 dias após a germinação e atingiu uma produção de 5632 kg/ha. O mesmo foi observado para cálcio, magnésio e enxofre, tendo sido absorvidos até esta época 58,7, 27,8 e 9,3 kg/ha, respectivamente. A absorção máxima de potássio, de 80,2 kg/ha, ocorreu aos 110 dias, enquanto para o fósforo, 12,9 kg/ha, e para o nitrogênio, 146,1 kg/ha, aos 130 dias coincidindo com o maior desenvolvimento das sementes. Aos 130 dias as sementes continham o máximo de matéria seca e macronutrientes.

As sementes retiraram 92,5% de N, 83,7% de P, 58,7% de K, 16,0% de Ca, 21,9% de Mg e 43,0% de S em relação ao total extraído pela planta.

### 1 — INTRODUÇÃO

O cultivar santa-rosa foi o mais plantado no Brasil no ano agrícola 1974/75. Nesse ano no Estado de São Paulo ele ocupou 70% do total de 390.000 hectares de soja plantados.

---

(1) Trabalho parcialmente subvencionado pelo Projeto FAPESP 73/1170. Apresentado na XXVII Reunião Anual da SBPC, em Belo Horizonte, MG, 9-16 de julho de 1975. Recebido para publicação em 5 de fevereiro de 1976. Os autores agradecem a colaboração da Sociedade Agrícola Santa Clara S.A.

(2) Com bolsa de suplementação do C.N.Pq.

A contribuição dessa cultura na economia do Estado será intensificada pelo melhor entendimento de suas exigências nutricionais, propiciando melhor aproveitamento de fertilizantes assim como pode ser desenvolvido um programa de manejo.

Praticamente todos os estudos sobre absorção de nutrientes em soja foram feitos em cultivares de porte indeterminados (3, 7, 9, 12). Há poucos trabalhos (6, 10) sobre cultivar de crescimento determinado. Entre nós não há nenhum trabalho a este respeito e é importante conhecer melhor a absorção e concentração dos nutrientes nos diferentes estádios de desenvolvimento, para fornecer nutrientes em quantidades e épocas adequadas.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um experimento em 1.º de novembro de 1973, no Município de São Simão, em latossolo roxo de textura média sob vegetação de cerrado. Todos os canteiros receberam, seis meses antes do plantio, uma aplicação de 2500 kg/ha de calcário dolomítico. Foram aplicados 100 kg/ha de  $P_2O_5$  na forma de superfosfato triplo, 40 kg/ha de  $K_2O$  na forma de cloreto de potássio e 30 kg/ha de enxofre na forma de gesso, todos misturados e distribuídos a lanço, um mês antes do plantio.

A análise química do solo (3), à época do plantio, foi:

pH	= 6,2	Mg <sup>2+</sup> (4)	= 1,4
Al <sup>3+</sup> (4)	= 0	K <sup>+</sup> (4)	= 0,07
Ca <sup>2+</sup> (4)	= 2,5	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (5)	= 0,30

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições. Sementes inoculadas do cultivar santa-rosa foram semeadas em canteiros consistindo de seis linhas de cinco metros de comprimento, distanciadas de 0,60 m com 20 plantas por metro linear, correspondendo a uma população de 333.333 plantas por hectare.

As amostragens da parte aérea foram realizadas em intervalos de 20 dias a partir do 30.º dia após a germinação, coletando-se 0,50 m de linha ou 10 plantas

No laboratório as plantas foram separadas em folhas, hastes, vagens e sementes, depois lavadas, secas em estufa a 65º C, pesadas e moídas. Na matéria seca foram determinados os teores de N e P num autoanalisador II Technicon em extratos obtidos segundo Concon e Soltess (5), sendo o nitrogênio avaliado pelo método do fenol alcalino (4) e o fósforo

(3) Efetuada pela Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agronômico.

(4) e.mg/100 ml do solo. Teores trocáveis.

(5) e.mg/100 ml do solo. Solúvel em  $H_2SO_4$  0,05 N.

pelo método do ácido fosfovanado molíbdico **(11)**. Os teores de K, Ca, Mg e S foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o potássio de acordo com Perkin-Elmer **(13)**, cálcio, magnésio e enxofre pelos métodos de Bataglia e Gallo **(2)** e Bataglia **(1)**.

Neste trabalho, considerou-se como parte vegetativa o conjunto de folhas e haste, e parte reprodutiva o conjunto de vagens e sementes.

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas durante o período de desenvolvimento da planta foram um tanto irregulares. Houve uma elevada precipitação pluvial nos meses de dezembro e janeiro e a ocorrência de um veranico de 20 dias na fase de enchimento das vagens, fim de fevereiro e início de março, e novamente um período chuvoso na fase de colheita da soja, o qual não chegou a afetar a produtividade do experimento.

Na figura 1 e quadros 1 e 2 são apresentados os resultados de matéria seca, teores de absorção de macronutrientes em estádios sucessivos de desenvolvimento da cultura.

#### 3.1 — ACÚMULO DE MATÉRIA SECA

A figura 1 mostra que o acúmulo máximo de matéria seca pela planta foi de 5632 kg/ha e ocorreu aos 90 dias, coincidindo com o maior desenvolvimento da parte vegetativa, na fase inicial da formação das vagens. Após essa fase, observou-se um aumento da matéria seca na parte reprodutiva, principalmente pelos grãos, conforme se observa no quadro 2. Aos 130 dias as sementes atingiram seu maior desenvolvimento, produzindo 2093 kg/ha de matéria seca.

Depois de 90 e até 130 dias, observou-se intensa perda de matéria seca pela parte vegetativa. Isto se deve não só à queda de folhas, mas também à translocação de matéria seca das hastes e folhas para vagens e sementes, assim confirmando os dados obtidos por Mascarenhas **(12)**, Hammond e outros **(7)**, Henderson & Kamprath **(10)**, e Hanway & Weber **(8, 9)**. A amostragem aos 150 dias não foi consistente em termos de produção da matéria seca, uma vez que as plantas estavam em adiantada fase de senescência, com grande perda de sementes pela deiscência e queda das vagens.

#### 3.2 — CONCENTRAÇÃO DOS NUTRIENTES

As concentrações de nutrientes nas partes vegetativa e reprodutiva, na figura 1, foram calculadas pela média ponderada das concentrações e quantidades de nutrientes das diversas partes da planta.

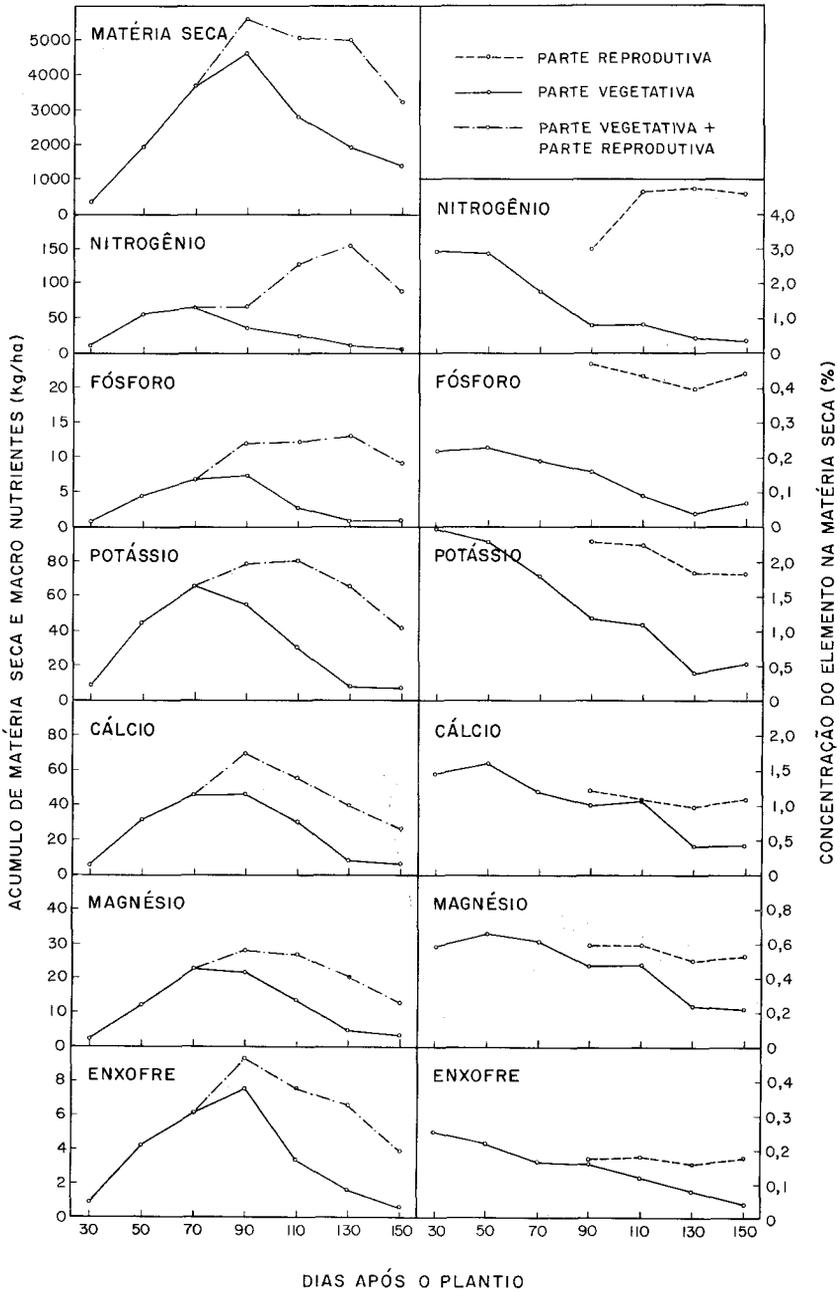


Figura 1. - Quantidade de matéria seca acumulada, absorção e concentração de macronutrientes na parte aérea da soja em estágios sucessivos de desenvolvimento.

QUADRO 1. — Composição química da soja cultivar santa-rosa, em estádios sucessivos de desenvolvimento. Teores de macronutrientes na matéria seca

Dias após o plantio	Parte analisada	N	P	K	Ca	Mg	S
30	Folhas	% 3,40	% 0,237	% 2,49	% 1,53	% 0,55	% 0,264
	Hastes	1,69	0,158	2,72	1,12	0,60	0,309
50	Folhas	4,07	0,311	1,49	1,92	0,66	0,268
	Hastes	1,63	0,150	3,13	1,23	0,65	0,168
70	Folhas	2,54	0,220	1,75	1,68	0,65	0,181
	Hastes	0,61	0,141	1,83	0,54	0,154	0,143
90	Folhas	1,18	0,191	1,33	1,59	0,57	0,144
	Hastes	0,41	0,121	1,03	0,42	0,38	0,182
	Vagens + sementes	2,97	0,473	2,33	1,23	0,59	0,178
	Folhas	0,95	0,120	1,42	2,08	0,55	0,28
110	Hastes	0,76	0,079	0,87	0,48	0,210	0,97
	Vagens	2,75	0,317	2,14	1,83	0,121	57'0
	Sementes	6,17	0,527	2,31	0,50	0,124	33'0
	Folhas	1,58	0,134	0,61	1,61	0,53	0,064
130	Hastes	0,35	0,029	0,40	0,22	0,083	0,102
	Vagens	1,11	0,141	1,04	2,13	0,94	0,189
	Sementes	6,46	0,514	2,25	0,45	0,29	0,041
	Hastes	0,35	0,072	0,53	0,42	0,22	0,131
150	Vagens	1,32	0,213	1,31	2,22	0,92	0,214
	Sementes	6,47	0,576	2,15	0,41	0,29	

QUADRO 2. — Quantidade de matéria seca e nutrientes extraídos pela soja cultivar santa-rosa, em sucessivos estádios de desenvolvimento

Dias após o plantio	Parte da planta	Matéria seca kg/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	S kg/ha
30	Folhas	283	9,6	0,7	7,0	4,3	1,6	0,7
	Hastes	79	1,3	0,1	2,1	0,9	0,5	0,2
50	Folhas	984	40,0	3,1	14,7	18,9	6,5	2,6
	Hastes	950	15,5	1,4	29,7	11,7	6,2	1,6
70	Folhas	2187	55,5	4,8	38,3	36,7	14,2	4,0
	Hastes	1504	9,2	2,1	27,5	8,1	8,3	2,1
90	Folhas	2289	27,0	4,4	30,4	36,4	13,0	3,3
	Hastes	2317	9,5	2,8	23,9	9,7	8,8	4,2
	Vagens + sementes	1026	30,5	4,8	23,9	12,6	6,0	1,8
110	Folhas	1034	9,8	1,2	14,7	21,5	7,7	1,2
	Hastes	1780	13,5	1,4	15,5	8,5	5,7	2,2
	Vagens	1009	27,7	3,2	21,6	18,5	9,8	1,5
130	Sementes	1231	75,9	6,5	28,4	6,1	3,4	2,6
	Folhas	128	2,0	0,2	0,8	2,1	0,7	0,1
	Hastes	1773	6,2	0,5	7,1	5,8	3,9	1,5
150	Vagens	986	10,9	1,4	10,2	21,0	9,3	1,0
	Sementes	2093	135,2	10,8	47,1	9,4	6,1	4,0
	Hastes	1392	4,9	1,0	7,4	5,8	3,1	0,6
	Vagens	693	9,1	1,5	9,1	15,4	6,4	0,9
	Sementes	1146	74,1	6,6	24,6	4,7	3,3	2,4

À medida que a planta se desenvolve há um decréscimo da concentração dos nutrientes na parte vegetativa, com diferente intensidade para cada elemento. Os maiores decréscimos relativos foram observados para nitrogênio e potássio, os menores para cálcio e magnésio, e intermediários para fósforo e enxofre (figura 1). Esse comportamento foi bastante semelhante ao verificado por Hammond e outros (7), Henderson e Kamprath (10), e Mascarenhas (12), com outros cultivares e condições mesológicas.

Na fase de pré-floração aos 50 dias, foram observadas as maiores concentrações de fósforo, cálcio e magnésio na parte vegetativa, sendo que para o magnésio este acréscimo permaneceu constante até 70 dias.

A parte reprodutiva apresentou concentrações mais elevadas que a vegetativa para todos os macronutrientes pesquisados e houve pouca variação na concentração entre 110 e 150 dias. Para nitrogênio, fósforo e potássio essas concentrações foram bastante elevadas quando comparadas com a parte vegetativa, enquanto para o cálcio, magnésio e enxofre estas diferenças foram pequenas.

Na parte vegetativa, conforme se observa no quadro 1 para nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, as folhas sempre apresentaram maiores concentrações de nutrientes que as hastes. Exceção é feita para potássio e enxofre, que em algumas amostragens mostraram maiores concentrações na haste do que nas folhas. Na parte reprodutiva as sementes apresentaram concentrações mais elevadas de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, enquanto nas vagens os teores de cálcio e magnésio foram mais elevados do que os outros macronutrientes.

### 3.3 — ABSORÇÃO DE NUTRIENTES

Pelo quadro 2 e figura 1, observa-se que aos 90 dias houve maior acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre, que correspondeu a 58,7, 27,8 e 9,3 kg/ha, respectivamente na ocasião do início da formação das vagens, quando se verificou também o maior acúmulo de matéria seca pela planta. O máximo de potássio absorvido foi de 80,2 kg/ha aos 110 dias, enquanto para o nitrogênio foi de 146,1 kg/ha e fósforo 12,9 kg/ha, o qual ocorreu aos 130 dias, coincidindo com o maior desenvolvimento das sementes.

O nitrogênio acumulou-se de maneira crescente na parte vegetativa até a época do florescimento, aos 70 dias. Aos 90 dias já havia um decréscimo em função da menor concentração do elemento, uma vez que nessa época ocorreu o máximo de acúmulo de matéria seca pela parte vegetativa. O mesmo pode ser dito para fósforo, potássio e enxofre. Para estes quatro nutrientes observou-se que há uma translocação da parte vegetativa e vagens para as sementes. Aos 130 dias (quadro 2) observamos que 88% de nitrogênio, 83% de fósforo, 72% de potássio e 61% de enxofre estavam nas sementes, enquanto as porcentagens de cálcio e magnésio foram apenas 25 e 31%, respectivamente, do total retirado pela planta. Também notou-se

que nesta data 55% de cálcio e 47% de magnésio da planta estavam nas vagens.

A quantidade de nitrogênio presente nas sementes aos 130 dias é duas vezes maior do que o máximo absorvido pela planta toda aos 90 dias, quando apresentava o máximo de acúmulo de matéria seca. Isto indica que na fase de enchimento das sementes, outros processos além da translocação devem estar atuando para atender as necessidades da planta para esse elemento.

Conforme já foi mencionado anteriormente, aos 130 dias as sementes atingiram o desenvolvimento completo e encerravam as maiores quantidades tanto da matéria seca como de macronutrientes.

### 3.4 — ACÚMULO RELATIVO DOS MACRUNITRIENTES EM COMPARAÇÃO AO DA MATÉRIA SECA

O acúmulo relativo de nutrientes é apresentado nas figuras 2 e 3. Pode-se observar que o acúmulo de nitrogênio e fósforo é mais lento que o da matéria seca. Enquanto 100% da matéria seca é produzida até os 90 dias, para nitrogênio e fósforo o máximo armazenamento só ocorre aos 130 dias.

Potássio, cálcio, magnésio e enxofre têm comportamento semelhante. Até 90 dias, a absorção é relativamente mais rápida que a produção de matéria seca. Nessa época, houve 100% da absorção de cálcio, magnésio e enxofre, enquanto para o potássio só ocorreu aos 110 dias.

Os resultados obtidos neste trabalho diferem dos obtidos por Mascarenhas (12), com relação ao enxofre, que era absorvido mais lentamente, e concordam para os demais elementos. Do trabalho de Henderson e Kamprath (10), diferem em relação ao magnésio.

Nos dois trabalhos acima citados, o total de matéria seca foi obtido no fim do ciclo, enquanto no presente, aos 90 dias as plantas já tinham atingido 100% de acúmulo de matéria seca. Essa diferença deve estar associada a efeitos ecológicos e aos diferentes cultivares empregados. Mascarenhas (12) usou um cultivar de crescimento indeterminado, enquanto Henderson e Kamprath (10) empregaram um de crescimento determinado. Egli e Legget (6) verificaram que, para as plantas de crescimento determinado, o máximo acúmulo de matéria seca ocorreu aos 100 dias, enquanto para as de crescimento indeterminado ocorreu aos 120 dias.

### 3.5 — EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA CULTURA DA SOJA

No quadro 3 são apresentadas as quantidades máximas de matéria seca e nutrientes extraídos pela cultura da soja e a remoção pelas sementes, excluindo as folhas caídas e as raízes.

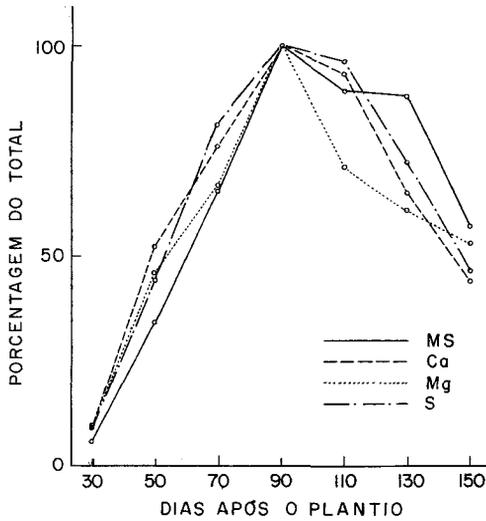


Figura 2. - Acúmulo relativo de cálcio, magnésio e enxofre na soja, comparado com o da matéria seca.

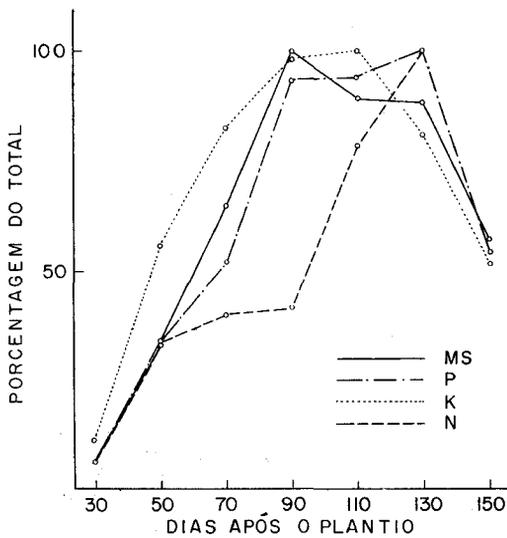


Figura 3. - Acúmulo relativo de nitrogênio, fósforo e potássio na soja, comparado com o da matéria seca.

QUADRO 3. — Acúmulo de matéria seca e absorção de macronutrientes pela cultura da soja cultivar santa-rosa, excluindo as folhas caídas e as raízes

COMPONENTE	Quantidade máxima acumulada na		Porcentagem do total da planta extraída pela semente	Quantidade retirada por tonelada de sementes
	planta	semente		
	kg/ha		%	kg
Matéria seca ....	5632	2093	37,2	1000
Nitrogênio .....	146,1	135,2	92,5	64,6
Fósforo .....	12,9	10,9	83,7	5,2
Potássio .....	80,2	47,1	58,7	22,5
Cálcio .....	58,7	9,4	16,0	4,5
Magnésio .....	27,8	6,1	21,9	2,9
Enxofre .....	9,3	4,0	43,0	1,9

Entre os nutrientes a quantidade máxima extraída pela planta toda teve a seguinte ordem decrescente: N, K, Ca, Mg, P e S. Nas sementes houve uma inversão para o fósforo, ficando a seguinte ordem: N, K, P, Ca, Mg e S.

Grande parte do nitrogênio e do fósforo absorvidos é removida pelas sementes, 92,5 e 83,7% respectivamente. Ao contrário, a maior parte do cálcio e do magnésio são devolvidos ao solo pelos restos de cultura. Apenas 16,0% do cálcio e 21,9% do magnésio são removidos pelas sementes. O potássio e o enxofre aparecem em posição intermediária com uma remoção relativa de 58,7% e 43,0%, respectivamente. As sementes, contudo, removem quantidades absolutas muito pequenas de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre.

As quantidades acumuladas de matéria seca e, conseqüentemente, de macronutrientes (quadro 3), são três vezes menores do que as obtidas por Mascarenhas (12) e duas vezes menores do que as obtidas por Henderson e Kamprath (10). Porém, há concordância com os dados obtidos por Hammond e outros (7), Hanway e Weber (8, 9) e Egli e Legget (6). Estas divergências podem ser atribuídas à diferença de crescimento vegetativo das diferentes variedades.

DRY MATTER ACCUMULATION AND NUTRIENT UPTAKE IN  
 SOYBEANS, CULTIVAR SANTA ROSA

SUMMARY

A study was made on the accumulation of dry matter, concentration, and uptake of macronutrients in the cultivar Santa Rosa, in successive stages of growth. The sampling of the above ground parts was done at intervals of 20 days. The soil was a Terra Roxa with latossolic B under cerrado vegetation.

The maximum of dry matter accumulation occurred at 90 days after germination with a production of 5632 kg/ha. The same was observed for calcium, magnesium and sulphur whose uptakes were 58.7, 27.8 and 9.3 kg/ha respectively. The maximum uptake of potassium, which was 80.2 kg/ha occurred at 110 days whereas those of phosphorus and nitrogen occurred at 130 days and reached 12.9 and 146.1 kg/ha respectively.

Of the total amount of macronutrients retained by the plants (excluding roots and fallen leaves) the seeds contained 92.5% of N, 83.7% of P, 58.7% of K, 16.0% of Ca, 21.9% of Mg, and 43.0% of S respectively

LITERATURA CITADA

1. BATAGLIA, O. C. A determinação indireta de enxofre em plantas por espectrofotometria de absorção atômica. *Ciência e Cultura* 28:672-675, 1976.
2. BATAGLIA, O. C. & GALLO, J. R. Determinação de cálcio e magnésio em plantas, por fotometria de chama de absorção. *Bragantia* 31:59-74, 1972.
3. BORST, H. L. & THATCHER, L. E. Life history and composition of soybean plant. *Ohio Agr. Exp. Sta.*, 1934. 96p. (Bull. 494)
4. CEHRKE, C. W.; WALL, L. L. & ABSHEER, J. S. Automated nitrogen method for feeds. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 56:1096-1105, 1973.
5. CONCON, J. M. & SOLTESS, D. Rapid micro-Kjeldahl digestion of cereal grains and other biological materials. *Anal. Biochem.* 53:35-41, 1973.
6. EGLI, D. B. & LEGGETT, J. E. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. *Crop. Sci.* 13:220-222, 1973.
7. HAMMOND, L. C.; BLACK, C. A. & NORMAN, A. G. Nutrient uptake by soybeans on two Iowa Soils. Ames, Iowa Agricultural Experiment Station, 1951. p. 463-512. (Bull 384)
8. HANWAY, J. J. & WEBER, C. R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agron. J.* 63:227-230, 1971.
9. ————; ————. Dry matter accumulation in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) plants as influenced by N, P, and K fertilization. *Agron. J.* 63:263-266, 1971.
10. HENDERSON, J. B. & KAMPRATH, E. J. Nutrient and dry matter accumulation by soybeans. *North Carolina Agric. Exp. Sta.*, 1970. 27p. (Tech. Bull 197)
11. LOTT, W. L.; NERY, J. P., GALLO, J. R. & MEDCALF, J. C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1956. 29p. (Bol. 79)
12. MASCARENHAS, H. A. A. Acúmulo de matéria seca, absorção e distribuição de elementos, durante o ciclo vegetativo da soja. Campinas, Instituto Agronômico, 1973. 48p. (Bol. Téc. N.º 6)
13. PERKIN-ELMER CORPORATION ed. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, Conn., 1971.