

# MAGNÉSIO, CÁLCIO E POTÁSSIO EM SEMENTES E COTILÉDONES DE FEIJOEIROS E SUA TRANSFERÊNCIA PARA PLANTAS JOVENS<sup>1</sup>

CARMEN SÍLVIA FERNANDES BOARO<sup>2</sup>, JOSÉ ANTONIO PROENÇA VIEIRA DE MORAES<sup>3</sup>, JOÃO DOMINGOS RODRIGUES<sup>4</sup>, ELIZABETH ORIKA ONO<sup>2</sup>, JOSÉ FIGUEIREDO PEDRAS<sup>4</sup> e PAULO ROBERTO CURI<sup>5</sup>

RESUMO - O presente estudo objetivou avaliar os teores de magnésio, cálcio e potássio em sementes e cotilédones do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) e a transferência desses minerais dos cotilédones para a planta. Para tanto, plantas de feijão foram cultivadas durante a fase de existência dos cotilédones e irrigadas com água desmineralizada. Foram realizadas três colheitas dos cotilédones das plantas jovens, escolhidas ao acaso de dez repetições, antes da ocorrência de senescência e queda, aos 8, 12 e 15 dias após a germinação das sementes. Em cada colheita, determinaram-se as matérias frescas e seca dos cotilédones e teores de magnésio, cálcio e potássio. Esses parâmetros também foram avaliados em sementes retiradas do mesmo lote. Os resultados demonstraram que o potássio existe nas sementes e cotilédones em maior teor, seguido, em ordem decrescente, pelo magnésio e cálcio. Na 1ª colheita dos cotilédones, realizada oito dias após a germinação, 59% de magnésio, 78% de cálcio e 71% de potássio já tinham sido transferidos para as plantas. Na última colheita, realizada 15 dias após germinação, essas porcentagens eram de 73%, 82% e 91%, respectivamente. Desta forma, o mineral menos transferido foi o magnésio, e o mais translocado, o potássio.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, macronutrientes, reserva seminal, reserva cotiledonar.

## MAGNESIUM, CALCIUM AND POTASSIUM IN SEEDS AND COTYLEDONS OF COMMON BEAN AND ITS TRANSLOCATION TO THE YOUNG PLANTS

ABSTRACT - Magnesium, calcium and potassium concentration in the seeds and cotyledons of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca and its translocation from the cotyledons to the plant were evaluated. For such an evaluation plants were cultivated during the cotyledons phase and were irrigated with deionized water. Three samplings of cotyledons completely randomized were done and replicated ten times, before its senescence and fall, at 8, 12 and 15 days after the germination of the seeds. Fresh and dry matter of the cotyledons and its magnesium, calcium and potassium content were determined in every sample. These parameters were also determined in the seeds from the same lot. Potassium concentration was higher than magnesium in both seeds and cotyledons. Calcium presented the lesser concentration both in seeds and cotyledons. These minerals were translocated from the seeds and cotyledons to the young plants. Eight days after germination 59% of the magnesium, 78% of the calcium and 71% of the potassium were translocated to the plants. Fifteen days after germination these percentages were respectively 73%, 82% and 91%. Thus, magnesium was the less and potassium was the most translocated mineral at the end of the study.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, macronutrients, seminal reserve, cotyledon reserve.

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 25 de julho de 1997.

<sup>2</sup> Biól., Ph.D., Dep. de Botânica, Instituto de Biociências, Uni-versidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, CEP 18618-000 Botucatu, SP.

<sup>3</sup> Biól., Ph.D., Dep. de Botânica, Universidade Federal de São Carlos, Caixa Postal 676, CEP 13565-905 São Carlos, SP.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Botânica, UNESP.

<sup>5</sup> Biól., Ph.D., Serviço de Estatística e Computação, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP.

## INTRODUÇÃO

O feijão constitui importante fonte protéica de origem vegetal, complementando a oferta de aminoácidos feita pelos cereais. Seu menor custo, comparado à proteína de origem animal, permite que seja atenuada a deficiência protéica encontrada na alimentação da população em geral.

Essa leguminosa tem sido objeto de grande número de estudos. Boaro (1986, 1991) ao avaliar o desenvolvimento de plantas de feijão submetidas a níveis de magnésio considerados carentes, observou que 2,4 ppm desse elemento proporcionaram maior eficiência durante quase todo o ciclo do vegetal, com exceção do final da fase reprodutiva. Esses resultados parecem indicar que o conteúdo de magnésio da própria semente poderia ter contribuído para a manutenção dos valores da matéria seca total e de seu incremento no final da

fase reprodu-tiva. Tal hipótese encontra respaldo nos registros de Malavolta (1954), em que o magnésio é abundante nas sementes. O autor afirma, ainda, que esse mineral se concentra nas sementes, de onde é translocado, e cita Ciferri (sem data), que relatou ser o feijoeiro capaz de executar todo o seu ciclo graças à reserva magnésiana da semente.

Accorsi et al. (1964), estudando a variedade Rosinha do *Phaseolus vulgaris*, observaram que foi de 27 dias a longevidade das plântulas mantidas em água destilada. Os autores demonstraram a importância dos cotilédones, mas não analisaram a participação dos diferentes elementos essenciais.

A importância dos cotilédones no desenvolvimento da soja foi estudada por McAlister & Krober (1951), que os removeu até dois dias após a emergência, observando diminuição do rendimento de grãos, e por Weber & Caldwell (1966), que concluíram que a manutenção de, pelo menos, um cotilédone por até dez dias é essencial para obtenção de rendimento elevado.

Thomas & Costa (1993) avaliaram o crescimento de plântulas de soja e concluíram que cerca de 50% das reservas cotiledonares foram utilizados até dois dias após emergência e que elas foram praticamente exauridas três dias depois. Os autores também observaram que a retirada de um cotilédone reduz o crescimento da plântula e que a remoção dos cotilédones, após emergência, determina diminuição da quantidade de tecido fotossintetizante e de reserva, o que compromete o crescimento dessa plântula.

O presente estudo teve o objetivo de avaliar os teores de magnésio, cálcio e potássio em sementes e cotilédones do *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca e analisar a transferência desses minerais dos cotilédones para a planta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) foram cultivadas durante a fase de existência dos cotilédones. Para tanto, as sementes foram submetidas a um banho de hipoclorito de sódio a 5% durante 1 minuto, lavadas em água corrente e finalmente em água desmineralizada. A seguir, 100 sementes foram colocadas para germinar em cada uma das 10 bandejas utilizadas, com papel umedecido e à temperatura ambiente, onde permaneceram até que as radículas atingissem cerca de 3 cm de comprimento, o que ocorreu quatro dias depois. Nesse momento, foram transferidas para bandejas contendo quartzo moído, descontaminado previamente, onde as plantas jovens, irrigadas com água desmineralizada, foram cultivadas até as datas de colheita dos cotilédones. Cada bandeja correspondeu a uma repetição. Realizaram-se três colheitas dos cotilédones de 20 plantas jovens escolhidas ao acaso, de cada uma das 10 repetições, antes da ocorrência de senescência e queda, aos 8, 12 e 15 dias após a germinação das sementes.

Além disso, 10 amostras com 20 sementes cada uma, que constituíram 10 repetições, foram retiradas do mesmo lote de sementes nas quais se avaliaram os mesmos parâmetros estudados nos cotilédones: matéria fresca e seca, em grama; teor de magnésio, cálcio e potássio, em porcentagem, quantidade de magnésio, cálcio e potássio, em miligrama; e quantidade desses elementos transferida das sementes e cotilédones para as plantas, em miligrama e em porcentagem.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado.

A matéria fresca, em grama, foi determinada em balança analítica Sauter tipo 414 com sensibilidade de até 0,1 mg; o material vegetal foi preparado de acordo com o preconizado por Sarruge (1980), colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura entre 60 e 70°C, até obtenção de peso constante, e pesado na mesma balança analítica para determinação da matéria seca, em grama. Após a moagem desse material seco foram preparados os extratos, conforme Malavolta et al. (1989), para precisar os teores de magnésio, cálcio e potássio, em porcentagem de matéria seca, por meio de digestão nítrico-perclórica. A seguir, foi utilizado o método analítico de espectrofotometria de absorção atômica para dosagem desses elementos, conforme especificações do manual do espectrofotômetro Perkin-Elmer, modelo 305B. A quantidade desses minerais nos cotilédones e nas sementes, em miligrama, foi estabelecida com base na matéria seca e nos seus teores. As quantidades de magnésio, cálcio e potássio transferidas das sementes e cotilédones, em miligrama, foram calculadas pelas diferenças das quantidades existentes entre duas épocas sucessivas de análise. Finalmente, calculou-se a porcentagem desses elementos transferida com base em suas quantidades nas sementes, em miligrama, e nas quantidades transferidas, em miligrama, entre épocas sucessivas de análise.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de regressão segundo as especificações de Zar (1984), mantendo-se as que se mostraram significativas e proporcionaram explicação biológica para o fenômeno estudado. Nas variáveis em que não se conseguiu análise de regressão com ajuste significativo, realizou-se a análise de variância para comparação entre tratamentos (Zar, 1984).

Assim, os dados referentes à matéria fresca de sementes e cotilédones, teor de cálcio e potássio, em sementes e cotilédones, e quantidade de magnésio, cálcio e potássio transferida das sementes e dos cotilédones para as plantas, em miligrama e em porcentagem, foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os dados referentes à matéria seca, teor de magnésio e quantidade de magnésio, cálcio e potássio, em sementes e cotilédones, em miligrama, foram submetidos à análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da matéria fresca de sementes e cotilédones (Tabela 1) demonstra que nos cotilédones houve diminuição em cada colheita, o que é esperado, uma vez que a reserva dos cotilédones deve se transferir para a planta jovem.

Quando se avalia a matéria seca o comportamento é exatamente o esperado, ao se considerar a semente e os cotilédones, diminuindo com o tempo de acordo com a equação exponencial definida na Tabela 1. Deve ser registrado que 99,45% dos resultados obtidos com a matéria seca são explicados por essa equação.

O teor de magnésio aumentou com o tempo, de acordo com a equação linear apresentada na Tabela 2, e 88% desses resultados são explicados por essa equação. Esse comportamento pode ter sido observado pelo fato de existirem outras moléculas e compostos que constituem parte da reserva nos cotilédones e que foram transferidos mais rapidamente do que esse mineral para a planta jovem, ocorrendo efeito de concentração do magnésio.

**TABELA 1. Matéria fresca e matéria seca de sementes (S) e de cotilédones (C) de feijoeiros aos 8 (C8), 12 (C12) e 15 (C15) dias após a germinação, em grama<sup>1</sup>.**

Repetição	Matéria fresca				Matéria seca			
	S	C8	C12	C15	S	C8	C12	C15
1	5,46	6,37	3,33	2,66	4,89	1,53	0,56	0,66
2	5,37	5,40	3,06	2,21	4,81	1,36	0,64	0,53
3	5,30	6,18	3,44	2,25	4,75	1,56	0,68	0,50
4	5,32	5,88	2,95	2,06	4,55	1,56	0,51	0,47
5	5,46	6,05	3,99	2,88	4,89	1,54	0,68	0,52
6	5,42	5,34	3,12	2,32	5,05	1,28	0,58	0,51
7	5,37	5,34	2,95	2,21	4,81	1,35	0,60	0,50
8	5,38	5,54	2,92	2,43	4,81	1,32	0,54	0,55
9	5,27	5,66	2,91	2,11	4,71	1,39	0,53	0,41
10	5,46	5,30	3,27	2,45	4,88	1,26	0,58	0,50
Média	5,38a	5,71a	3,19b	2,36c	4,81	1,41	0,59	0,51

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade; equação ajustada:

$$Y = 4,7321 e^{-0,1573X};$$

$$R^2 = 0,99.$$

O comportamento observado com o cálcio na Tabela 2 concorda com os registros de Malavolta (1980), que consideram esse elemento imóvel.

O potássio, reconhecido como elemento altamente móvel (Malavolta, 1980), mostra comportamento diferente: o teor diminuiu com o tempo, e transferiu-se mais rapidamente das sementes e dos cotilédones para as plantas jovens, quando comparado ao magnésio (Tabela 2).

As quantidades de magnésio, cálcio e potássio em miligramas, diminuíram com o tempo, segundo as equações exponenciais apresentadas na Tabela 3. Essas equações explicam 97% dos resultados referentes ao magnésio, 85% ao cálcio, e 99,16% ao potássio. Houve transferência dos três elementos para a planta jovem; a transferência do potássio foi maior e a do cálcio, menor, ficando o magnésio em posição intermediária. Os resultados apresentados na Tabela 4 confirmam o comportamento discutido acima. Pode-se observar que as quantidades de magnésio e potássio transferidas diminuíram com o tempo; a quantidade de cálcio transferida diminuiu apenas da 1<sup>a</sup> para a 2<sup>a</sup> época de análise.

A Tabela 5 mostra a porcentagem de magnésio, cálcio e potássio das sementes e cotilédones transferida para as plantas. Quanto ao magnésio, a 1<sup>a</sup> transferência, que ocorreu no intervalo entre a análise das sementes e dos cotilédones avaliados oito dias após a germinação, representou mais da metade do mineral existente, ou seja, 59,11%. No 2<sup>o</sup> intervalo de análise, foi de 12,35%; no 3<sup>o</sup>, 1,12%.

**TABELA 2. Teor de magnésio, cálcio e potássio de sementes (S) e de cotilédones (C) de feijoeiros aos 8 (C8), 12 (C12) e 15 (C15) dias após a germinação, em porcentagem<sup>1</sup>.**

Repetição	Mg				Ca				K			
	S	C8	C12	C15	S	C8	C12	C15	S	C8	C12	C15
1	0,17	0,22	0,41	0,41	0,15	0,08	0,17	0,20	1,37	1,62	1,55	1,45
2	0,17	0,24	0,36	0,45	0,10	0,09	0,17	0,23	1,50	1,45	1,17	1,25
3	0,17	0,23	0,36	0,43	0,12	0,09	0,18	0,23	1,50	1,47	1,32	1,30
4	0,17	0,23	0,44	0,43	0,12	0,10	0,20	0,26	1,47	1,40	1,35	1,10
5	0,17	0,22	0,36	0,45	0,12	0,07	0,15	0,22	1,50	1,57	1,65	1,57
6	0,16	0,24	0,40	0,43	0,09	0,10	0,18	0,22	1,52	1,47	1,32	1,35
7	0,17	0,25	0,41	0,43	0,12	0,08	0,19	0,21	1,55	1,42	1,15	1,10
8	0,17	0,25	0,42	0,44	0,15	0,10	0,20	0,21	1,50	1,37	1,35	1,20
9	0,18	0,24	0,43	0,48	0,14	0,09	0,17	0,22	1,50	1,45	1,47	1,27
10	0,17	0,25	0,39	0,43	0,10	0,09	0,16	0,20	1,52	1,47	1,60	1,35
Média	0,17	0,24	0,40	0,44	0,12b	0,09a	0,18c	0,22d	1,49a	1,47a	1,39ab	1,29b

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade no que se refere ao Mg e ao Ca e a 5% de probabilidade no que se refere ao K; equação ajustada quanto ao Mg:  $Y = 0,1474 + 0,0187X$ ;  $R^2 = 0,88$ .

**TABELA 3. Quantidade de magnésio, cálcio e potássio em sementes (S) e em cotilédones (C) de feijoeiros aos 8 (C8), 12 (C12) e 15 (C15) dias após a germinação, em miligrama<sup>1</sup>.**

Repetição	Mg				Ca				K			
	S	C8	C12	C15	S	C8	C12	C15	S	C8	C12	C15
1	8,31	3,38	2,31	2,71	7,33	1,23	0,96	1,32	67,00	24,87	8,75	9,58
2	8,18	3,27	2,29	2,38	4,81	1,22	1,08	1,21	72,18	19,73	7,44	6,60
3	8,07	3,58	2,44	2,13	5,70	1,40	1,22	1,14	71,21	22,90	8,96	6,45
4	7,74	3,58	2,27	2,00	5,46	1,56	1,03	1,21	66,90	21,80	6,96	5,12
5	8,31	3,38	2,45	2,35	5,87	1,08	1,02	1,15	73,33	24,15	11,23	8,19
6	8,09	3,07	2,33	2,19	4,55	1,28	1,05	1,12	76,85	18,81	7,68	6,87
7	8,17	3,38	2,45	2,15	5,77	1,08	1,14	1,05	74,51	19,20	6,88	5,51
8	8,19	3,30	2,26	2,42	7,22	1,32	1,08	1,15	72,23	18,07	7,27	6,60
9	8,48	3,33	2,28	1,97	6,59	1,25	0,90	0,90	70,64	20,11	7,80	5,20
10	8,30	3,16	2,26	2,14	4,88	1,14	0,93	0,99	74,18	18,57	9,26	6,72
Média	8,18	3,34	2,33	2,24	5,82	1,25	1,04	1,13	71,90	20,82	8,22	6,68

<sup>1</sup> Equação ajustada quanto ao Mg:  $Y = 7,6507 e^{-0,0909X}$ ;  $R^2 = 0,97$ ; equação ajustada quanto ao Ca:  $Y = 4,6677 e^{-0,1155X}$ ;  $R^2 = 0,85$ ; equação ajustada quanto ao K:  $Y = 72,0338 e^{-0,1665X}$ ;  $R^2 = 0,99$ .

**TABELA 4. Quantidade de magnésio, cálcio e potássio transferida das sementes (S) e dos cotilédones (C) aos 8 (C8), 12 (C12) e 15 (C15) dias após a germinação, para as plantas de feijão, em miligrama<sup>1</sup>.**

Repetição	Mg			Ca			K		
	S-C8	C8-C12	C12-C15	S-C8	C8-C12	C12-C15	S-C8	C8-C12	C12-C15
1	4,93	1,06	-0,40	6,11	0,27	-0,36	42,13	16,13	-0,84
2	4,91	0,98	-0,09	3,59	0,14	-0,13	52,45	12,29	0,83
3	4,49	1,14	0,31	4,29	0,18	0,08	48,31	13,94	2,51
4	4,15	1,31	0,27	3,90	0,53	-0,18	45,10	14,84	1,84
5	4,93	0,93	0,10	4,79	0,06	-0,13	49,17	12,92	3,04
6	5,02	0,75	0,14	3,27	0,23	-0,07	58,03	11,14	0,81
7	4,79	0,93	0,30	4,69	-0,05	0,08	55,31	12,33	1,37
8	4,89	1,03	-0,16	5,90	0,24	-0,08	54,16	10,80	0,66
9	5,15	1,05	0,31	5,35	0,35	0,00	50,53	12,31	2,59
10	5,14	0,90	0,12	3,74	0,21	-0,07	55,61	9,31	2,54
Média	4,84a	1,01b	0,09c	4,56a	0,21b	-0,09b	51,08a	12,60b	1,54c

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

**TABELA 5. Magnésio, cálcio e potássio transferidos das sementes (S) e dos cotilédones (C) aos 8 (C8), 12 (C12) e 15 (C15) dias após a germinação, para as plantas de feijão, em porcentagem<sup>1</sup>.**

Repetição	Mg			Ca			K		
	S-C8	C8-C12	C12-C15	S-C8	C8-C12	C12-C15	S-C8	C8-C12	C12-C15
1	59,37	12,81	-4,76	83,25	3,67	-4,94	62,87	24,07	-1,25
2	60,07	11,95	-1,09	74,55	2,99	-2,79	72,66	17,03	1,15
3	55,60	14,13	3,83	75,39	3,17	1,41	67,84	19,58	3,52
4	53,70	16,96	3,46	71,48	9,62	3,27	67,41	22,18	2,75
5	59,27	11,24	1,25	81,64	0,95	-2,15	67,06	17,63	4,15
6	62,03	9,21	1,72	71,87	5,12	-1,59	75,52	14,49	1,05
7	58,63	11,36	3,65	81,25	-0,94	1,46	74,23	16,54	1,84
8	59,73	12,65	-1,96	81,74	3,35	1,09	74,99	14,95	0,92
9	60,74	12,35	3,71	81,07	5,25	0,07	71,53	17,42	3,67
10	61,93	10,87	1,40	76,70	4,33	1,43	74,96	12,56	3,42
Média	59,11a	12,35b	1,12c	77,89a	3,75b	-0,27c	70,91a	17,65b	2,12c

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

Em relação ao cálcio, 77,78% foram transferidos no 1º intervalo de análise; 3,75%, no 2º; no 3º, não houve transferência. O resultado negativo de -0,27%, decorrente da diferença entre os cotilédones avaliados aos 12 e 15 dias após a germinação, pode ter ocorrido por terem sido plantas diferentes.

A quantidade de potássio transferida também foi a maior, entre os três elementos estudados. Assim, no 1º intervalo de análise foram transferidos 70,91% desse mineral; no 2º, 17,65%; no 3º, 2,12%.

A avaliação dos resultados demonstrou que o potássio existe nas sementes e cotilédones em maior teor, seguido pelo magnésio e pelo cálcio.

Os resultados demonstraram ainda que o magnésio existente nas sementes e cotilédones é transferido para as plantas jovens. Essa transferência parece ser em quantidade suficiente para assegurar o desenvolvimento do vegetal, uma vez que níveis desse mineral bem abaixo daquele que caracteriza o completo, na solução nutritiva, foram suficientes para o desenvolvimento dos feijoeiros (Boaro, 1991). Essa hipótese encontra respaldo nos registros de Malavolta (1954), em que o magnésio é abundante nas sementes. O autor ainda refere que o magnésio se concentra nas sementes, de onde é translocado, e cita Ciferri (sem data) que relatou ser o feijoeiro capaz de executar todo seu ciclo graças à reserva magnésiana da semente.

## CONCLUSÕES

1. Em sementes e cotilédones de feijoeiro, o teor de potássio é maior que o de magnésio, cabendo ao cálcio o menor valor.
2. Oito dias após a germinação, os cotilédones transferem para as plantas 59% do magnésio, 78% do cálcio e 71% do potássio.
3. Quinze dias após a germinação, essas transferências atingem 73% do magnésio, 82% do cálcio e 91% do potássio.

## AGRADECIMENTOS

Aos Srs. José Emílio de Oliveira, auxiliar acadêmico, e Jairo de Almeida, técnico de laboratório do Departamento de Botânica, pelo auxílio prestado neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ACCORSI, W.R.; SANTOS, C.F.O.; BARROS, M.A.A.; FERRAZ, E.C.; MITIDIERI, J. Longevidade e comportamento biológico dos “seedlings” de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* em função das reservas cotiledonares. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.21,p.94-104, 1964.
- BOARO, C.S.F. **Avaliação das interações entre magnésio e outros elementos minerais durante o desenvolvimento de feijoeiros (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca), em cultivo hidropônico com diferentes níveis de magnésio: estudo de parâmetros fisiológicos e da composição mineral.** Rio Claro: UNESP, 1991. 257p. Tese de Doutorado.
- BOARO, C.S.F. **Influência da variação dos níveis de magnésio sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca) em cultivo hidropônico.** Botucatu: UNESP, 1986. 163p. Dissertação de Mestrado.
- McALISTER, D.F.; KROBER, O.A. Translocation of food reserves from soybean cotyledons and their influence on the development of the plant. **Plant Physiology**, Baltimore, v.26, p.525-538, 1951.
- MALAVOLTA, E. Adubos magnesianos. In: MALAVOLTA, E. **Elementos de química agrícola: adubos e adubações.** São Paulo: IV Centenário, 1954. cap.9, p.123-125.
- MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** 23.ed. São Paulo: Ceres, 1980. cap.6, p.104-218.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Metodologia para análise de elementos em material vegetal. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba:POTAFOS, 1989. p.135-189.
- SARRUGE, J.R. **Coleta e preparo das amostras vegetais para análise.** Piracicaba: ESALQ-USP, 1980. 40p. Apostila utilizada na disciplina “Solos e Nutrição de plantas”, do curso de pós-graduação. Mimeo.
- THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Crescimento de plântulas de soja afetado pelo sombreamento dos cotilédones e suas reservas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.8, p.925-929, 1993.
- WEBER, C.R.; CALDWELL, B.E. Effects of defoliation and stem bruising on soybean. **Crop Science**, Madison, v.6, p.25-27, 1966.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis.** 2.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall International, 1984. 718p.