

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

Vol. 20

Campinas, setembro de 1961

N.º 40

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO FEIJOEIRO E ABSORÇÃO DE ELEMENTOS NUTRITIVOS, DO FLORESCIMENTO À MATURAÇÃO (1)

J. ROMANO GALLO, *engenheiro-agrônomo, Laboratório de Pesquisas de Elementos Minerais em Plantas* e SHIRO MIYASAKA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Leguminosas, Instituto Agrônômico*

RESUMO

Procedeu-se a um estudo das curvas de produção de matéria seca, concentração e absorção de elementos minerais, no feijoeiro. Plantas da variedade Chumbinho opaco, crescendo nas condições de campo, com e sem adubação, foram colhidas em diferentes estádios do ciclo, a partir do florescimento. Dividiram-se as amostras em raiz, haste, folha e fruto, submetendo-as à análise quantitativa de N, P, K, Ca, Mg e S. Na planta madura, as sementes foram colhidas e analisadas separadamente da vagem.

São também discutidos os efeitos provocados pela adubação sobre aquelas características e a extração de nutrientes do solo pelo feijoeiro, na colheita, levando-se em conta o retorno ou não dos resíduos de cultura.

Os dados oferecem, ainda, indicações quanto à aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro, com base no fato de que uma absorção ativa de nitrogênio pela planta ocorre durante o período crítico de crescimento das sementes, quando se intensifica a produção de carboidratos. Nesta fase, a demanda da planta poderia não ser satisfeita à custa exclusiva do N fixado pelo processo simbiótico.

1 - INTRODUÇÃO

O feijão *Phaseolus vulgaris* (L.) é originário provavelmente da região sul do Brasil, de onde se espalhou para outros continentes no século XV, logo após o descobrimento da América. Constitui, desde então, a base da alimentação do povo brasileiro.

O Brasil hoje produz e consome cerca de um milhão e meio de toneladas desse legume. Não obstante essa importância econômica, poucos são os trabalhos conhecidos no país relativos à nutrição, ou adubação dessa planta, visando elevar a produção (2, 10).

(1) Trabalho apresentado ao VIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Belém, Pará, de 15 a 30 de julho de 1961. Recebido para publicação em 26 de junho de 1961.

O conhecimento da variação de composição química da planta durante o seu ciclo vegetativo constitui característica de valor para esclarecimento dos problemas básicos de nutrição e adubação. Investigação desse tipo, aplicada à soja encontra-se na literatura estrangeira (3, 5, 6).

Em um estudo que está sendo levado a efeito na Estação Experimental de Campinas, pela Seção de Leguminosas do Instituto Agrônomico, relativo à adubação do feijoeiro com diversos fertilizantes nos principais tipos de solos do Estado de São Paulo, procurou-se determinar a composição em elementos minerais em diferentes fases do ciclo do feijoeiro. No presente trabalho são relatados os resultados desse último estudo.

2 -- MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de Campinas obedeceu ao planejamento geral da série de ensaios de adubação para feijão, instalados em várias localidades do Estado. Foram usadas sementes da variedade Chumbinho opaco, inoculadas e semeadas em covas no espaçamento de 0,40 x 0,20 m. Cada canteiro era constituído de sete linhas de 5 m de comprimento com três plantas por cova, deixadas após o desbaste. Canteiros de dois tratamentos, um sem adubação alguma e outro com adubação completa, em sua dose máxima de adubos, foram separados para amostragem no presente estudo. O tratamento adubado inclui micronutrientes e calagem efetuada com antecedência de um mês à instalação do ensaio e na base de 4 toneladas de calcário calcítico por hectare.

As adubações, em quilos por hectare, foram as seguintes: Nitrocálcio, 300 kg; superfosfato triplo, 600 kg; clorêto de potássio, 150 kg; gesso (sulfato de cálcio), 100 kg; sulfato de zinco, 20 kg; sulfato de cobre, 20 kg; borax, 2 kg; e molibdato de amônio, 75 g. O nitrocálcio foi aplicado em cobertura, parceladamente: metade da dose logo após o desbaste e metade 20 dias mais tarde. Os demais adubos foram aplicados em linha, ao lado do sulco, à época do plantio.

A análise química do solo, terra-roxa-misturada, colhido antes do tratamento, apresentou as seguintes características:

pH	6,10
Carbono (C), g/100 g de solo	1,62
Nitrogênio (N), g/100 g de solo	0,16
K + trocável, e.mg/100 g de solo	0,49
Ca ++ trocável, e.mg/100 g de solo	4,97
Mg ++ trocável, e.mg/100 g de solo	1,64
H + trocável, e.mg/100 g de solo	5,20
PO ₄ --- (2), e.mg/100 g de solo	0,06

O solo, portanto, com exceção do fósforo, cujo teor é baixo, apresenta teor alto em todos os nutrientes. Sua acidez, definida pelo índice pH, é fraca (4).

No quadro 1 são apresentados os dados termo-pluviométricos diários do período de 15 de outubro de 1960 a 15 de janeiro de 1961, em Campinas. A distribuição de chuva durante o período em que o feijão completou seu ciclo não foi favorável para a granação normal das sementes. Assim é que não obstante as plantas tenham se desenvolvido razoavelmente com a chuva caída no início do ciclo, houve uma quebra sensível na floração e na frutificação com a falta de umidade no mês de novembro e primeira década de dezembro, coincidindo com o período crítico de produção.

A amostragem foi efetuada arrancando-se com enxadão as plantas compreendidas em um metro e meio de linha de plantio. Evitou-se, o quanto possível, danificar o sistema radicular. A primeira amostra foi colhida cerca de um mês depois da germinação; as outras até a maturação das plantas, conforme as anotações apresentadas no quadro 2, do qual também constam outras datas essenciais na execução do estudo.

O número de plantas por amostra foi então anotado, o solo removido das raízes e determinado o peso verde total. As raízes, hastes, folhas e frutos foram separados, lavados e pesados depois de secos a 60-70°C. Em seguida, procedeu-se ao preparo do material para análise, em moinho Wiley médio, com peneira de malha 20. Na planta madura, foi efetuada a análise da semente.

Para a determinação dos diferentes elementos foram empregados

(2) Fosfato solúvel em H₂SO₄ 0,05 N.

os seguintes métodos analíticos em uso no Laboratório de Pesquisas de Elementos Minerais em Plantas: o nitrogênio-total, fósforo-total, potássio e magnésio foram dosados segundo métodos descritos por Lott e outros (8); o cálcio, por fotometria de chama, usando-se o espectrofotômetro Beckman modelo DU; o enxôfre-total, pelo método do

QUADRO 1. — Dados termo-pluviométricos diários da E. E. «Theodoreto de Carmargo» — Campinas, no período de 15 de outubro de 1960 a 15 de janeiro de 1961 (1).

Dias	Outubro 1960		Novembro 1960		Dezembro 1960		Janeiro 1961	
	Temp. média	Chuva	Temp. média	Chuva	Temp. média	Chuva	Temp. média	Chuva
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
1	—	—	18,5	4,6	22,8	0,5	21,8	0,3
2	—	—	21,7	0,2	23,1	0,0	20,9	27,4
3	—	—	23,9	0,0	23,2	0,0	24,2	17,5
4	—	—	24,0	0,0	23,2	0,0	22,2	0,3
5	—	—	21,7	5,5	24,4	0,0	23,5	11,9
6	—	—	20,9	2,6	21,9	0,3	23,1	0,0
7	—	—	22,6	0,0	19,9	1,4	22,3	8,5
8	—	—	20,6	2,8	21,7	0,0	23,0	0,0
9	—	—	22,8	0,2	24,4	0,0	24,1	0,2
10	—	—	20,8	0,0	24,4	0,0	25,2	0,0
11	—	—	18,5	3,2	22,4	0,0	23,2	0,2
12	—	—	19,5	10,3	20,3	0,0	22,6	0,0
13	—	—	19,9	13,1	22,6	30,5	23,6	5,7
14	—	—	22,4	7,8	20,3	33,5	24,6	0,8
15	25,6	0,0	18,6	9,9	22,9	0,7	22,5	0,0
16	19,8	0,0	17,8	0,0	22,4	7,3	—	—
17	20,4	57,1	22,5	0,0	21,6	44,7	—	—
18	23,5	0,3	23,5	0,0	19,3	62,6	—	—
19	24,7	0,0	23,1	3,2	17,8	70,0	—	—
20	19,6	0,5	22,6	4,6	19,1	17,1	—	—
21	20,1	3,6	21,1	12,5	19,2	39,5	—	—
22	22,8	6,1	22,0	1,1	20,2	59,0	—	—
23	23,2	0,8	23,7	0,0	21,8	5,6	—	—
24	23,9	0,0	24,8	0,0	22,9	7,9	—	—
25	22,4	3,8	23,2	0,0	22,8	17,4	—	—
26	19,1	18,0	20,9	4,4	22,3	6,9	—	—
27	18,7	22,8	20,0	0,1	23,9	0,0	—	—
28	17,7	0,0	20,4	0,2	25,0	0,0	—	—
29	17,8	0,3	19,8	2,1	22,9	2,2	—	—
30	18,5	0,0	20,8	5,4	22,6	23,0	—	—
31	17,0	0,6	—	—	22,0	0,0	—	—

(1) Dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola.

H₂S-azul de metileno de Johnson e Ulrich (7), após oxidação da amostra pelo nitrato de magnésio (3) (1).

QUADRO 2. — Observações cronológicas durante o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro

Data	Ordem da amostragem	Idade da planta em dias	Estádio de desenvolvimento	Observações
17 de outubro	—	—	Plantio	—
23 de outubro	—	—	Germinação	—
5 de novembro	—	13	—	Desbaste e 1. ^a aplicação de nitrocálcio
25 de novembro	1. ^a	33	30 a 40% de florescimento nas plantas	2. ^a aplicação de nitrocálcio
6 de dezembro	2. ^a	44	Pequeno número de vagens em formação	—
15 de dezembro	3. ^a	53	50 a 70% de vagens completamente desenvolvidas	Plantas adubadas com maior porcentagem de vagens desenvolvidas
27 de dezembro	4. ^a	65	Início de queda das folhas; 10% de vagens amarelecidas ou maduras; as demais verdes, mas desenvolvidas	Algumas folhas caídas. Máximo de peso da planta
5 de janeiro	5. ^a	74	Maturação completa das vagens, a maioria das quais secas; queda pronunciada das folhas	—
13 de janeiro	6. ^a	82	Planta quase seca, com exceção da base da haste principal; poucas folhas presentes	Colheita

(3) Pesam-se 0,100 g da amostra em cadinho de porcelana; junta-se 1 ml da solução de Mg (NO₃)₂, umedecendo completamente a amostra. Coloca-se sobre chapa de aquecimento até reação completa e incinera-se o material na mufla a cerca de 500°C. Juntam-se à cinza um pouco de água e HCl concentrado em excesso e deixa-se na chapa até a solução evaporar, a fim de eliminar os nitratos que interferem na fase final da determinação. Depois de seco, acrescentam-se ao resíduo 10 ml de HCl 0,1N, homogeniza-se e pipeta-se uma alíquota de 2 ml para os balões de reação do aparelho de enxofre.

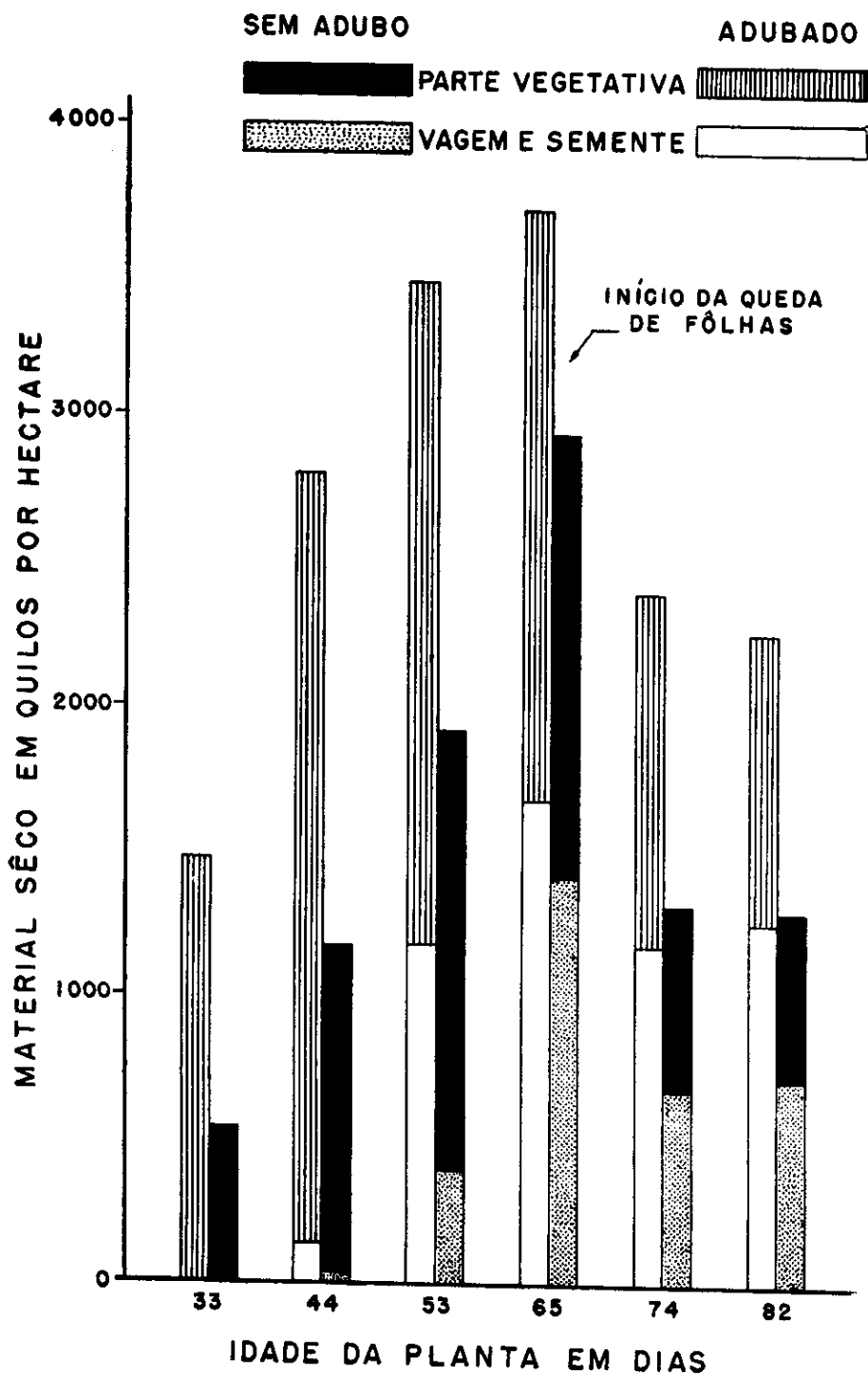


FIGURA 1. — Produção, em matéria sêca, do feijoeiro de acôrdo com a idade da planta e tratamento.

3 — RESULTADOS OBTIDOS

3.1 — PRODUÇÃO DE MATERIAL SÊCO

O exame dos dados (quadro 3 e figura 1) indicam um acréscimo de pêso com a idade até o início da queda das fôlhas, aos 65 dias de idade. A adubação motivou, nesse estádio, um aumento de 26,1% de material sêco total e de 17,1% de pêso de fruto sôbre as plantas não adubadas. O maior pêso sêco das plantas adubadas foi, no entanto, sensível em tôdas as épocas. Os dados de produção estão de acôrdo com as anotações de campo, que registraram, por ocasião da colheita, os resultados resumidos no quadro 4.

O aumento de matéria sêca nas plantas não adubadas foi gradativo e ligeiramente mais intenso no período de 53 a 65 dias. Nas plantas adubadas, êsse período foi antecipado para 33 e 44 dias de idade da planta; o maior ganho de pêso dos frutos também foi anterior nas plantas adubadas, ocorrendo entre 44 e 53 dias de idade. Êsses fatos podem estar ligados à maior disponibilidade de nutrientes no solo.

Comparando a produção (pêso) de material sêco das vagens e sementes com o resto da planta, verifica-se que há uma redistribuição de matéria sêca, à medida que o feijoeiro se desenvolve. Esta observação é notada nas plantas adubadas. Nelas, enquanto o pêso da parte vegetativa cresceu até os 44 dias e daí até os 65 dias decresceu, o pêso de matéria sêca dos frutos, no mesmo período, aumentou. O cálculo da perda de pêso da parte vegetativa nesse intervalo, indica ter ocorrido uma transferência de 601 kg/ha de matéria sêca do resto da planta para as vagens e sementes. Depois dêsse período, a perda de pêso da parte vegetativa está em relação com a queda das fôlhas.

A ligeira diminuição de pêso de fruto a partir do seu início de maturação, pode ser atribuída à queda de algumas vagens, o que normalmente ocorre. Como era de esperar, no tratamento não adubado, não havendo reserva suficiente de nutrientes nas fôlhas, a queda de vagens foi maior, o que resultou maior diminuição de pêso de matéria sêca.

As porcentagens de matéria sêca no feijoeiro (quadro 3) foram maiores nos últimos estádios do ciclo, como resultado da maturação das plantas. Na planta madura, a porcentagem de matéria sêca duplicou em relação àquela apresentada no florescimento.

Quadro 3. — Produção de matéria seca do feijoeiro, em quilos por hectare, segundo amostras de partes da planta. Porcentagem de matéria seca na planta total

Amostragem	Solo não adubado				Solo adubado			
	Parte vegetativa, menos folhas caídas kg/ha	Vagem e semente kg/ha	Planta total menos folhas caídas kg/ha	Matéria seca na planta %	Parte vegetativa, menos folhas caídas kg/ha	Vagem e semente kg/ha	Planta total menos folhas caídas kg/ha	Matéria seca na planta %
1	544	—	544	15,7	1 481	—	1 481	17,2
2	1 144	37	1 181	20,3	2 644	150	2 794	28,3
3	1 537	394	1 931	18,3	2 269	1 181	3 450	23,4
4	1 519	1 425	2 944	25,3	2 043	1 669	3 712	24,4
5	638	675	1 313	30,6	1 219	1 181	2 400	32,4
6	581	713	1 294	29,4	975	1 275	2 250	37,6

3.2 — CONCENTRAÇÃO DOS NUTRIENTES

As porcentagens dos constituintes minerais nas diferentes partes da planta e sua variação nos principais estádios de desenvolvimento são apresentadas no quadro 5 e grãficamente na figura 2.

Excetuando o cálcio nas fôlhas, as porcentagens dos nutrientes foram mais elevadas por ocasião do florescimento e estabelecimento dos frutos e decresceram de modo geral com o aumento de pêso da planta. No fruto, a concentração dos elementos também foi mais elevada nos primeiros estádios, isto é, nas vagens novas.

Com a queda de fôlhas aumentou a concentração dos elementos em diversas partes do feijoeiro, com exceção do nitrogênio nas fôlhas que decresceu sempre. Quando a porcentagem de nitrogênio nas fôlhas principiou a diminuir de maneira ativa, as raízes mostraram um aumento acentuado nesse elemento, indicando que não houve migração das raízes para as fôlhas nos últimos estádios do ciclo.

As vagens e sementes apresentaram durante o ciclo maior concentração de nitrogênio e fósforo do que qualquer outra parte da planta, e menor de potássio apenas em comparação às fôlhas. Inversamente, a análise acusou, em linhas gerais, teores mais baixos de cálcio, magnésio e enxôfre nos frutos. Nas demais partes, o exame das curvas de concentração possibilita definir a seguinte ordem decrescente de distribuição dos elementos: fôlhas, hastes, raízes. As análises de enxôfre total das plantas, entretanto, mostraram teores mais altos de enxôfre nas raízes do que nas hastes e fôlhas, para a maioria das datas de amostragem.

Os dados de concentração na parte vegetativa e na planta total, apresentados no quadro 5, mostram tendências diferentes de variação dos nutrientes. As porcentagens de N e P foram mais elevadas na planta total do que sômente na parte vegetativa, acentuando-se a diferença com o crescimento da vagem; os teores de Ca e Mg, ao contrário, foram mais elevados na parte vegetativa. Não houve diferença entre os teores de K para uma mesma data: os resultados são concordantes quer para as plantas adubadas ou não adubadas. Apesar do S não apresentar tendência definida como para os outros elementos, nota-se que sua concentração foi igual ou maior na parte vegetativa.

A análise dos resultados em conjunto permite dizer que, a não ser o fósforo, a adubação não provocou aumento de concentração dos nu-

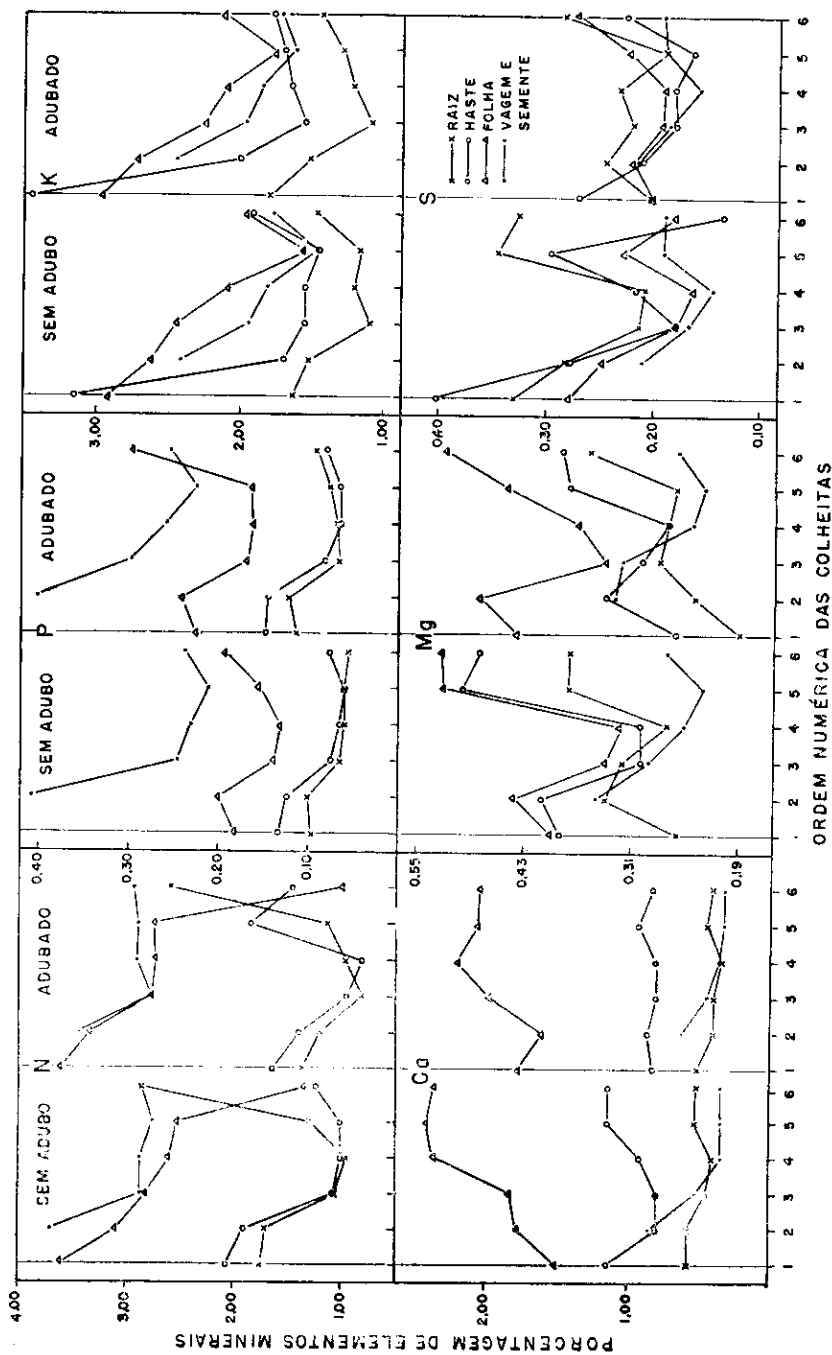


FIGURA 2. — Variação da porcentagem de N, P, K, Ca, Mg, e S nas diversas partes do feijoeiro, sem adubação e adubado, em diferentes estádios de desenvolvimento.

trientes, o que está de acôrdo com o estado inicial de fertilidade do solo. Os frutos do tratamento adubado, entretanto, apresentaram um teor de nitrogênio ligeiramente mais alto, na fase da maturação.

QUADRO 4. — Produções em quilos por hectare e altura das plantas na ocasião da colheita (1)

Tratamentos	Produção de grãos	Produção de massa	Altura média das plantas
	<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>cm</i>
Solo não adubado	570	3 750	35
Solo adubado	870	4 780	45

(1) Dados obtidos em relação ao total de plantas da área útil (6 m²) de cada tratamento.

3.3 — QUANTIDADE E DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS MINERAIS

As quantidades de nutrientes absorvidas pelo feijoeiro (quadro 6 e figura 3) evidentemente cresceram com a idade da planta até o início da queda das fôlhas. Maior quantidade foi absorvida pelas plantas adubadas.

A intensidade de absorção de nutrientes por período nas plantas adubadas caminhou paralelamente à intensidade de produção de matéria sêca. Assim, a absorção mais intensa foi registrada no intervalo de 33 e 44 dias, com as seguintes médias diárias em quilos, por hectare, para os diversos elementos: N, 2,46; K, 2,17; Ca, 1,27; Mg, 0,53; P, 0,27; e S, 0,26. Nos intervalos subseqüentes, a média de absorção diária foi muito pequena e, às vêzes, nula.

Nas plantas não adubadas, uma absorção mais ativa de cálcio e magnésio ocorreu no intervalo de 33 a 44 dias, de potássio entre 44 e 53 dias, de nitrogênio, fósforo e enxôfre entre 53 e 65 dias. As médias diárias de absorção em quilos, por hectare, foram as seguintes, de acôrdo com os intervalos mencionados e elementos minerais: N, 1,82; K, 1,33; Ca, 0,80; Mg, 0,26; P, 0,17; e S, 0,13.

Como se observa, a adubação provocou acumulação de nutrientes na planta na fase correspondente ao florescimento e início da formação das vagens, enquanto que no solo sem adubação, apesar da absorção se processar com mais regularidade, houve também variação entre os nu-

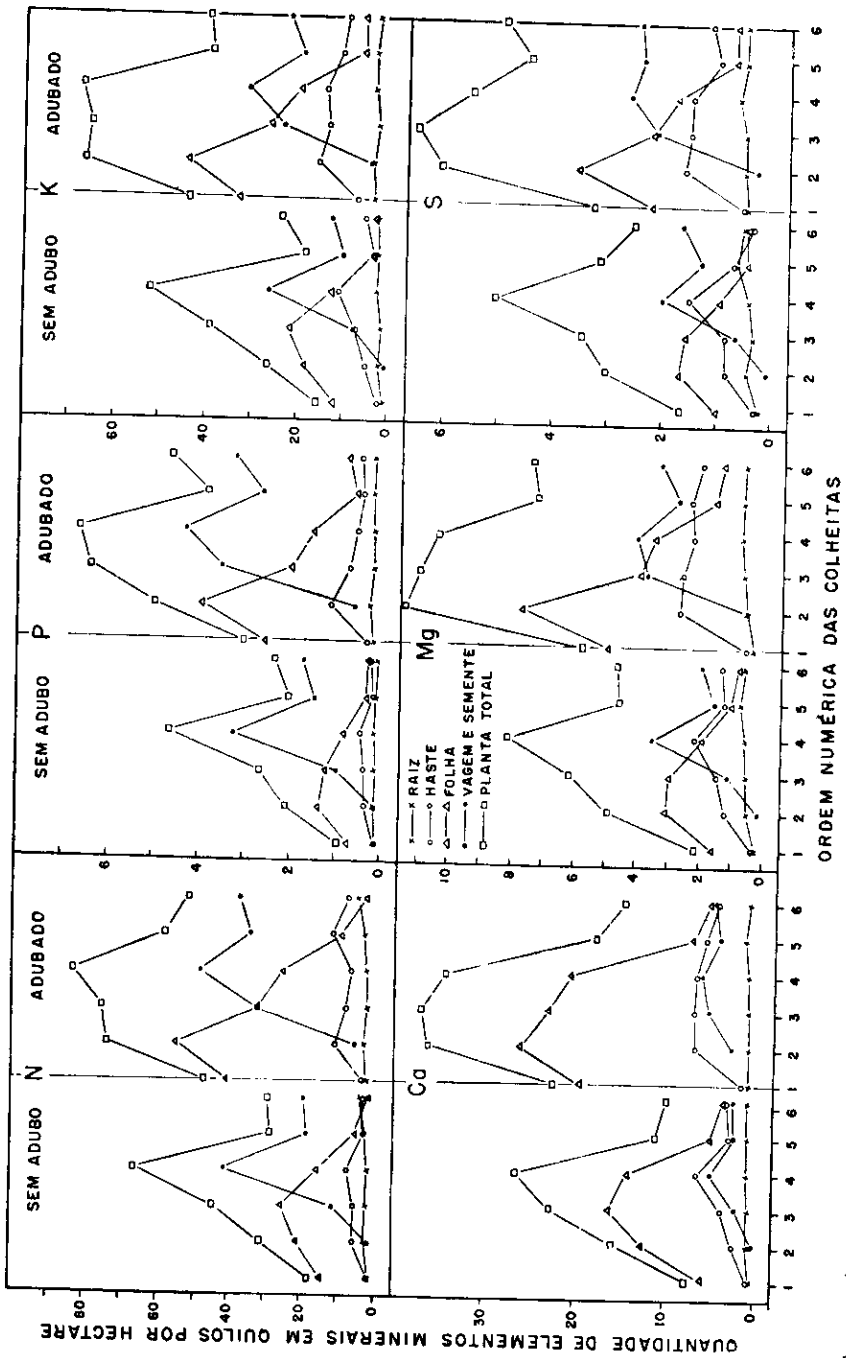


FIGURA 3. — Curvas de absorção de N, P, K, Ca, Mg, e S para as plantas de feijoeiro e partes da planta, através do ciclo. Efeito da adubação na quantidade absorvida.

trientes com referência ao período mais ativo de absorção, possivelmente provocada pela demanda da planta através do seu ciclo vegetativo. Assim, por exemplo, no caso dos elementos nitrogênio e fósforo exigidos em concentração e quantidade mais elevadas nas sementes, a mobilização da planta nesses nutrientes coincide com o período mais intenso de desenvolvimento das vagens.

No quadro 7 é apresentada a distribuição porcentual do total de cada elemento entre as diversas partes na planta madura, calculada para o tratamento não adubado. Os frutos encerram mais nitrogênio, fósforo, potássio e enxôfre, que o resto da planta em conjunto. O cálcio acumula-se nas folhas, que o contêm em maior proporção. O magnésio também está contido em maior quantidade nos frutos.

QUADRO 7. — Distribuição porcentual da quantidade total de elementos minerais entre as diversas partes do feijoeiro, à época da colheita

Partes da planta	Porcentagem em relação ao total do nutriente na planta					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Raiz	14,48	3,48	9,51	7,84	12,34	20,08
Haste	11,88	9,57	23,26	32,16	29,22	15,26
Fôlha	6,87	12,61	12,66	35,58	16,88	10,84
Vagem e Semente ..	66,81	73,91	54,63	24,32	41,77	54,22
Semente	66,41	66,96	33,62	11,46	27,06	44,18

No quadro 7 são ainda apresentadas as quantidades de cada nutriente acumuladas nas sementes, em relação ao total do elemento na planta. Verifica-se, por êsses dados, que as quantidades de potássio, cálcio e magnésio nas sementes foram bem menores que no fruto, indicando, pois, que grande parte desses elementos nos frutos acumula-se na vagem. Procedendo-se a separação das sementes do fruto, observa-se que, nitrogênio, fósforo, potássio e enxôfre, acumulam-se em maiores proporções nas sementes, o cálcio nas folhas, e o magnésio nas hastes.

Comparando as quantidades de nutrientes em quilos, por hectare, nas diferentes partes do feijoeiro nas diversas colheitas, há evidência de transmigração dos elementos na planta. As folhas, devido à sua queda com a maturação das plantas, não oferecem uma indicação completa. Entretanto, um movimento das folhas para os frutos mais acen-

tuado nas plantas adubadas é indicado, se compararmos as quantidades de nutrientes da segunda com a quarta datas.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O nitrogênio foi o elemento absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro, seguido pelo potássio, cálcio, magnésio, enxôfre e finalmente o fósforo. É interessante notar que a quantidade de enxôfre no feijoeiro foi superior à de fósforo, característica que o coloca entre outras culturas econômicas do Estado de São Paulo, como o algodão, café, cana-de-açúcar e arroz, que também contém mais enxôfre do que fósforo (9).

A absorção de nutrientes do tratamento sem adubo, como do adubado, cresceu com o aumento de peso de matéria seca até o início da maturação, quando a queda de folhas não era apreciável. No adubado, a absorção foi mais intensa no intervalo de 33 a 44 dias, enquanto no tratamento sem adubo, a intensidade de absorção variou de período com o nutriente, provavelmente em consequência da diferença de necessidade nutricional da planta em relação a um dado elemento durante o ciclo.

Com exceção do cálcio nas folhas, as porcentagens dos elementos nas raízes, hastes, folhas e frutos, decresceram depois do florescimento e início de formação dos frutos e cresceram nos estádios finais do ciclo. Os frutos apresentaram maior teor de nitrogênio e fósforo e teores mais baixos de cálcio, magnésio e enxôfre, que as demais partes da planta. O potássio, o cálcio e o magnésio figuraram em concentrações mais elevadas nas folhas, e o enxôfre, nas raízes.

O nível de fertilidade do solo afetou a produção, tendo sido registrado teor mais baixo de fósforo nas plantas não adubadas. A adubação, entretanto, não provocou aumento de concentração dos outros elementos na planta, podendo ser responsabilizado o fósforo como um fator limitante da produção, no solo do experimento.

A falta de umidade no período crítico do florescimento à formação e crescimento das sementes, provocou um decréscimo de rendimento do feijoeiro. Apesar disso, o efeito da adubação foi evidente em tôdas as datas, resultando em maior crescimento das plantas, peso de matéria seca e produção de sementes.

Uma redistribuição de matéria seca e nutrientes entre certas partes da planta foi assinalada. No tratamento adubado, a perda de peso

de matéria seca da parte vegetativa foi acentuada durante o estágio de desenvolvimento de formação das vagens ao máximo de crescimento das sementes, conforme indicam os dados apresentados. Um movimento mais ativo de nutrientes das folhas para os frutos também foi registrado nas plantas adubadas. A maior produção das plantas adubadas poderia assim ser explicada com base na transmigração de matéria seca e de nutrientes da parte vegetativa e, principalmente, das folhas para os frutos.

O valor da aplicação de nitrogênio nas leguminosas tem sido assunto discutido, uma vez que esse elemento pode ser suprido, em parte, pela fixação simbiótica.

Hammond e colaboradores (6), no estudo de absorção de nutrientes pela soja, referindo-se a trabalhos desenvolvidos por outros autores, assinalam a possibilidade do nitrogênio fixado ser inadequado à necessidade nutricional dessa cultura, e constataram sintomas indicativos da deficiência de nitrogênio no período de intensa síntese clorofiliana, isto é, quando do rápido desenvolvimento da planta.

Norman (11), discutindo diversos aspectos sobre inoculação e nutrição nitrogenada de soja e da influência do nível de fertilidade do solo na produção, considera que, para o máximo de produção, não deve haver limitação de nitrogênio durante o período médio de desenvolvimento, que se estende de 30 a 40 dias para a soja. Se o nódulo não fornecer à planta tanto quanto ela necessita nesse período, a adição de nitrogênio disponível no solo resultará em aumento de produção. E acrescenta que a soja pode usar mais nitrogênio do que aquela provido pelo mecanismo de fixação.

Desde que, em certas circunstâncias, a adubação nitrogenada se torna vantajosa, deve-se considerar a época de sua aplicação, problema que requer solução especial no caso das leguminosas.

Norman (12) não obteve sucesso com a aplicação de nitrogênio no plantio de soja não inoculada. Porém, a aplicação tardia de nitrogênio determinou um acréscimo de produção e aumentou, significativamente, o teor de N da planta em relação àquela inoculada. Sugere, diante dos resultados, ser justificável o estudo dos efeitos da aplicação tardia de nitrogênio sobre a produção de plantas de sementes inoculadas.

Estudo conduzido nos Estados Unidos da América do Norte por Sayre (13), sobre a acumulação e movimento de elementos minerais no milho, indicam que o máximo de absorção de nitrogênio ocorre no início do florescimento.

Os dados aqui obtidos para feijão mostram que a maior demanda da planta em nitrogênio ocorre no período crítico de crescimento da semente, o que se assemelha aos resultados apresentados por aqueles autores (6,11) para soja. Esse fato permite sugerir que uma aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro seria desejável, desde que as necessidades da planta não estejam satisfeitas pelo nitrogênio do solo ou daquele proveniente da fixação. Esta aplicação tardia não iria interferir com a etapa inicial do processo simbiótico de fixação de N pelas bactérias.

Os resultados relatados representam uma primeira contribuição para o planejamento de ensaios de campo visando definir a época mais conveniente de aplicação de adubos azotados no feijoeiro, nos diferentes solos.

A remoção de elementos minerais do solo pelo feijoeiro e seu retorno pelos resíduos da cultura, segundo o processo da colheita, oferece interesse sob o ponto de vista de fertilidade do solo. Na colheita manual, prática mais comum entre nós, toda a planta é arrancada. No caso, maior fração do total de bases principalmente contido na planta é removida. Uma quantidade apreciável de bases, entretanto, retorna ao solo, e, em particular, o cálcio, com as folhas caídas. Na colheita mecânica, na qual os grãos são colhidos e a palha toda volta para o campo, a maior fração removida pertence ao nitrogênio e fósforo, respectivamente 66 e 67% da quantidade total de nitrogênio e fósforo da cultura; os outros elementos são extraídos nas seguintes porcentagens: 44% de enxofre, 33% de potássio, 27% de magnésio, e 11% de cálcio. Em quantidades absolutas, a remoção de potássio parece ter maior importância no empobrecimento do solo se for levado em conta a fração do nitrogênio total derivado da fixação simbiótica. O cálcio, exigido em grandes quantidades na planta, é retirado apenas em pequena porcentagem com a colheita da semente.

CHEMICAL COMPOSITION OF GARDEN BEAN PLANT AND THE UPTAKE OF NUTRIENTS FROM THE STAGE OF BLOOMING TO MATURITY

SUMMARY

The purpose of this investigation was to gain information on the rate of dry matter production and nutrient absorption of bean plants.

Samples of fertilized and unfertilized bean plants, grown on «terra-roxa-misturada» type of soil at Campinas and under field conditions, were taken at various stages of growth. They were divided in roots, stems, leaves and fruits and

have been analyzed for N, P, K, Ca, Mg, and S. At maturity the seeds were separated from the pods and analyzed separately.

With the exception of calcium in the leaves, the percentage of all mineral elements tended to reach a maximum in the various plant parts at about blooming and pod-forming stage. The total seeds and pods contained more nitrogen and phosphorus, and less calcium, magnesium and sulphur throughout the season. The percentages of potassium, calcium and magnesium in leaves were higher than in other plant parts. Total sulphur content was higher in the roots than in leaves, stems or pods plus seeds.

Nitrogen and potassium were absorbed in greater total amount than phosphorus and other elements. The unfertilized mature plants contained 29 and 23 kg of nitrogen and potassium respectively per hectare. Phosphorus was absorbed in a smaller amount than any other nutrient studied.

The maximum absorption rate changed according to the element and was modified by treatment. In fertilized plants the maximum rate of uptake of calcium and magnesium from the soil occurred during the interval 33 to 44 days from sowing; potassium, 44 to 53 days; and nitrogen, phosphorus and sulphur, 53 to 65 days, the period of growth of seed in the pod.

Table 7 shows the distribution of total nutrient in roots, stems, leaves, and pods plus seeds in the mature plant.

Data presented in the foregoing pages suggest certain practical considerations of interest.

Environmental conditions during the early growth stages were generally favorable, but a deficiency in precipitation that occurred in the period of pod formation and seed development depressed the yield. However, fertilization promoted an increase in the uptake of nutrients, dry matter production, and in yield of bean. Since only the level of phosphorus was higher in the plant of the fertilized plot, it is assumed that phosphate fertilization induced such increase.

Analytical results indicate that relatively large quantities of bases will be removed from the land if the entire bean plant is harvested, whereas if seeds alone are harvested only nitrogen and phosphorus are removed in relatively large amounts. The soil becomes most impoverished by the removal of potassium, nitrogen being less affected due to a partial supply from fixation of atmospheric nitrogen.

The results showing that nitrogen absorption rate is maximum at the time the seeds are developed suggest that a delayed nitrogen application for beans might be desirable since the plant needs at this stage may not be satisfied by nitrogen fixation alone. This late nitrogen application would not interfere with the early steps of the symbiotic process.

LITERATURA CITADA

1. A. O. A. C. *In Methods of Analysis*. Eighth Edition. Association of Official Agricultural Chemists, Washington 4, D. C. p. 144. 1955.
2. ARRUDA, H. V. DE. Adubação química do feijoeiro. *In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, VII, Piracicaba, 1959. (Resumo).

3. BORST, H. L. & THATCHER, L. E. Life history and composition of the soybean plant. Wooster, Ohio Agr. Exp. Sta., 1931. 96 p. (Bull. 494).
4. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto agrônomo, 1955. 28 p. (Bol. n.º 69).
5. ERDMAN, L. W. The percentage of nitrogen in different parts of soybean plants at different stages of growth. Amer. Soc. Agron. 21:361-366. 1929.
6. HAMOND, L. C., BLACK, C. A. & NORMAN, A. G. Nutrient uptake by soybeans on two Iowa soils. Ames, Iowa agric. Exp. Sta., 1951. p. 463-512. (Res. Bull. n.º 384).
7. JOHNSON, C. M. & ULRICH, A. H. Analytical methods for use in plant analysis. Berkeley, California Agric. Exp. Sta., 1959. p. 25-78. (Bull. 766).
8. LOTT, W. L., NERY, J. P., GALLO, J. R. & MEDCALF, J. C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agrônomo, 1956. 29 p. (Boletim n.º 79).
9. MALAVOLTA, E. Estudos químico-agrícolas sobre o enxôfre. Anais da Escola Superior de Agricultura «Luís de Queiroz», 9:40-130. 1952.
10. NEME, N. A. Ensaio comparativo de adubos minerais, calcário e estêrco sobre o feijão. Relatório da Seção de Leguminosas do Instituto Agrônomo. Campinas, 1959-60. [Não publicado].
11. NORMAN, A. G. Inoculation and nitrogen nutrition of soybeans. Soybean Dig. 4(11):41-42. 1944.
12. ——— The nitrogen nutrition of soybeans. I. Effect of inoculation and nitrogen fertilizer on the yield and composition of beans on Marshall silt loam. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 8:226-228. 1944.
13. SAYRE, J. D. Mineral accumulation in corn. Plant Physiology 23:267-281. 1948.