

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 25

Campinas, julho de 1966

N.º 13

ADUBAÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO

II — EFEITOS DE N, P, K, DA CALAGEM E DE UMA MISTURA DE ENXÔFRE E MICRONUTRIENTES, EM TERRA-ROXA-MISTURADA (1)

SHIRO MIYASAKA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Leguminosas, E. S. FREIRE, engenheiro-agrônomo (2), TOSHIO IGUE, engenheiro-agrônomo, Seção de Técnica Experimental, e MÁRIO CAMPANA, engenheiro-agrônomo, Estação Experimental "Hélio de Moraes", Instituto Agrônomo*

SINOPSE

Sete experiências foram conduzidas em terra-roxa-misturada, para estudar o efeito de diversas adubações sobre o feijoeiro. O fósforo aumentou significativamente a produção em todas as localidades, o nitrogênio, em cinco, e o potássio, em nenhuma. A adição, a NPK, de uma mistura de enxôfre e micronutrientes (Zn, Cu, B e Mo) proporcionou aumentos de produção, não significativos, em quatro localidades. O efeito da calagem foi sempre negativo, mas sem significância estatística.

1 — INTRODUÇÃO

No ano agrícola 1960-61 a Seção de Leguminosas do Instituto Agrônomo deu início à execução de um programa experimental, para determinar a influência de várias adubações sobre o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Em artigo anterior, Miyasaka, Igue e Freire (3) já relataram as experiências conduzidas em solos derivados do arenito Bauru, nas quais foram estudados os efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxôfre e micronutrientes. No presente trabalho são apresentados os resultados obtidos em sete experiências instaladas, também em 1960-61 e com o mesmo plano experimental, em terra-roxa-misturada.

(1) Recebido para publicação em 29 de setembro de 1965.

(2) Contratado pelo Conselho Nacional de Pesquisas, para colaborar com técnicos do Instituto Agrônomo. Sua colaboração no presente trabalho foi prestada na apresentação e interpretação dos resultados obtidos.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

As experiências constaram de um esquema fatorial 3³ para N, P e K, em blocos de nove canteiros com confundimento da interação N × P × K, sem repetições, ao qual foram adicionados quatro tratamentos extras, com três repetições.

Na parte fatorial, empregaram-se 0, 30, 60 kg/ha de N, como sulfato de amônio, 0, 60, 120 kg/ha de P₂O₅, como superfosfato simples, e 0, 45, 90 kg/ha de K₂O, como sulfato de potássio.

Os tratamentos extras foram: a) sem adubo e sem corretivo (designado como tratamento 0); b) 60-120-90 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, nas formas de Nitrocálcio, superfosfato triplo e cloreto de potássio (tratamento NPK); c) a mesma adubação de b e mais uma mistura de 100 kg/ha de gesso, 20 kg/ha de sulfato de zinco, 20 kg/ha de sulfato de cobre, 3 kg/ha de bórax e 75 g/ha de molibdato de sódio (tratamento NPK + m); d) a mesma adubação de c e mais 4 t/ha de calcário com 40,35% de CaO e 5,85% de MgO (tratamento NPK + m + c).

O calcário foi distribuído uniformemente na área dos correspondentes canteiros e misturado com a camada superficial do solo, 30 a 45 dias antes do plantio. Mais tarde, com a aração geral das áreas experimentais, é que foi incorporado mais profundamente ao solo.

O fósforo, o potássio e a mistura m foram aplicados na ocasião do plantio, em sulcos situados 5 cm ao lado dos destinados às sementes. Quanto ao nitrogênio, foi totalmente empregado em cobertura: metade das doses, 10 a 30 dias após a emergência das plantas; a outra metade, 30 a 50 dias após a emergência.

Os canteiros constaram de sete fileiras de 5 m de comprimento, com o espaçamento de 40 cm, sendo aproveitadas somente as três fileiras centrais, correspondentes a 6 m². Nas fileiras, as covas ficaram distanciadas de 20 cm e cada uma recebeu três sementes, não se fazendo desbaste. Usaram-se sementes inoculadas da variedade Creme.

Dois meses depois da germinação foram cuidadosamente extraídas, em algumas experiências, dez plantas das bordaduras de todos os canteiros, que receberam notas de 1 a 10: 1, para aqueles cujas plantas tinham poucos nódulos, e 10, para os que apresentavam plantas com abundante nodulação.

Segundo esse plano, instalaram-se dez experiências na primavera (safra "das águas") de 1960-61, mas três delas foram eliminadas. As sete aproveitadas, que receberam os números 1, 11, 12, 13, 14, 15 e 28, foram plantadas no decorrer de outubro. A colheita foi efetuada pelo processo comum, arrancando-se as plantas quando estavam quase sem folhas e com as vagens maduras

ou sêcas, o que ocorreu, em regra, 85 a 90 dias após o plantio. Depois de sêcas em terreiro, as plantas foram batidas, determinando-se, então, o peso das sementes.

As experiências 1 e 13 foram repetidas, nos mesmos canteiros, no outono seguinte (safra "da sêca"), quando só se empregou adubação nitrogenada nos canteiros que a haviam recebido no plantio da primavera. Isso permitiu verificar o efeito residual da calagem, do fósforo, do potássio e da mistura *m*.

As experiências foram instaladas em solos do grande tipo terra-roxa-misturada, segundo a classificação de Paiva e colaboradores (4). No quadro 1 se acham dados sobre sua localização (3) e os resultados analíticos de amostras compostas dos solos das áreas utilizadas, as quais foram tiradas e analisadas de acordo com os métodos recomendados por Catani e colaboradores (1). Outras informações sobre as áreas utilizadas serão mencionadas ao serem apresentados os resultados obtidos em cada caso.

3 — RESULTADOS

3.1 — EXPERIÊNCIA 1, EM CAMPINAS

Para esta experiência, conduzida em dois períodos consecutivos de plantio, utilizou-se uma área de terra-roxa-misturada que estava abandonada à vegetação espontânea.

No período da primavera (safra "das águas"), o tempo correu favoravelmente em outubro e novembro, mas as chuvas de dezembro ultrapassaram o dobro da precipitação normal desse mês, e as produções (quadros 2 e 4) foram apenas sofríveis. No plantio de outono (safra da "sêca"), as condições meteorológicas foram mais favoráveis, de sorte que, apesar do inconveniente da repetição da cultura de feijão no mesmo lugar, as produções se tornaram mais elevadas.

Em média dos dois períodos, o coeficiente de variação correspondeu a 22% e o efeito linear do nitrogênio foi significativo ao nível de 5%, tendo as respostas a N_1 e N_2 alcançado, respectivamente, +86 e +150 kg/ha (+12 e +20%). Os efeitos P e P_L foram significativos ao nível de 1%, mas o P_Q também o foi ao de 5%, tendo as respostas a P_1 e P_2 atingido, respectivamente, +258 e +248 kg/ha (+40 e +38%). O potássio deprimiu a produção, não significativamente, de 8%, em média. As interações duplas entre esses elementos não alcançaram significância.

(3) Os autores agradecem aos proprietários das fazendas onde foram conduzidas as experiências e aos engenheiros-agrônomo Hermano Vaz de Arruda, Carlos Roesing e A. Junqueira Reis, que colaboraram na sua execução.

QUADRO 1. — Resultados analíticos de amostras compostas dos solos utilizados para as sete experiências de adubação do feijoeiro conduzidas em terra-roxa-misturada no ano agrícola 1960-1961 (1)

Número e localização das experiências	pH int.	Teores totais (%)		Em e.mg por 100 g de solo				
		C	N	Sol. (2)	Trocáveis			
					PO ₄ - ³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
1 — Estação Experimental "Theodoro de Camargo", Campinas ...	6,10	1,62	0,16	0,06	0,49	4,97	1,64	5,20
11 — Fazenda Itapuan, Limeira	5,80	1,90	0,11	0,09	0,45	3,43	1,37	5,80
12 — Fazenda do Bosque, Limeira ...	5,60	1,93	0,14	0,07	0,17	2,71	1,49	7,00
13 — Estação Experimental "Hélio de Moraes", Jaú	6,30	0,72	0,08	0,07	0,08	2,07	0,73	3,20
14 — Fazenda Santa Cruz, Jaú	5,85	0,88	0,12	0,13	0,51	4,00	1,41	5,04
15 — Fazenda Morungaba, Jaú	6,60	1,27	0,15	0,07	0,44	7,13	1,89	4,40
28 — Fazenda Santa Maria, Ribeirão Preto	6,50	n/d	0,18	0,06	0,14	4,71	0,05	5,10

(1) Análises efetuadas na Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agrônomico.

(2) Solúvel em H₂SO₄ 0,05N.

Na análise dos tratamentos extras, o coeficiente de variação correspondeu a 23% e não houve diferenças significativas entre os tratamentos. As respostas a NPK, à mistura *m* e ao calcário foram, respectivamente, de +268, +11 e -97 kg/ha.

Das interações entre os fatores estudados e os períodos de plantio, só alcançou significância a fósforo \times períodos (P \times períodos, ao nível de 5%, e P_L \times períodos, ao de 1%). Efetivamente, as respostas a P₁ e P₂, de apenas +145 e +80 kg/ha (+21 e +12%), e não significativas, na primavera, elevaram-se a +372 e +415 kg/ha (+60 e +67%), tornando-se altamente significativas, no plantio do outono. Convém lembrar que, neste plantio, não se repetiu a aplicação de fósforo e que o excesso de chuvas, na primavera, prejudicou a produção e aumentou o erro experimental.

O exame da nodulação (notas de 1 a 10), feito no plantio da primavera, revelou que a influência do nitrogênio foi praticamente nula, a do potássio, ligeiramente depressiva, e a do fósforo, altamente favorável: com P₀, P₁ e P₂ as notas médias foram, respectivamente, 3,9, 6,7 e 7,7. Nos tratamentos extras, enquanto a adubação com NPK aumentou consideravelmente a nodulação, em relação à apresentada pelos canteiros sem adubo, as adições da mistura *m* ou do calcário não melhoraram a situação.

3.2 — EXPERIÊNCIA 11, EM LIMEIRA

Conduzida na primavera, em terra-roxa-misturada. No ano anterior, a área utilizada havia sido cultivada com arroz moderadamente adubado.

Conquanto as chuvas, na maior parte do ciclo, tenham sido muito mais abundantes que as normais, as produções (quadros 3 e 4) foram relativamente boas em quase todos os tratamentos, mas um tanto irregulares, tendo o coeficiente de variação atingido 45%, quer na análise do fatorial, quer na dos tratamentos extras.

As respostas a N₁ e N₂ corresponderam a, respectivamente, +63 e +230 kg/ha (+6 e +23%), sendo significativo, ao nível de 5%, o efeito N_L. O efeito do fósforo foi altamente significativo e linear, e as respostas às doses 1 e 2 se elevaram a +294 e +443 kg/ha (+35 e +53%). O potássio, porém, deprimiu ligeiramente a produção. As interações duplas entre esses elementos não alcançaram significância. Na parte extra, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Todavia, observou-se que as respostas a NPK e à adição da mistura *m* foram positivas (respectivamente, +278 e +467 kg/ha), ao passo que a adição de calcário deprimiu a produção em 272 kg/ha.

QUADRO 2. — Produções, em quilogramas de sementes por hectare, obtidas em duas experiências de adubação do feijoeiro conduzidas em terra-roxa-misturada, nas quais foram estudadas, num esquema fatorial 3^3 , as doses 0, 30, 60 kg/ha de N, 0, 60, 120 kg/ha de P_2O_5 e 0, 45, 90 kg/ha de K_2O (1). As experiências foram instaladas na primavera de 1960/61 e repetidas, nos mesmos canteiros, no outono do mesmo ano agrícola. No segundo plantio só se empregou a adubação nitrogenada, para verificar o efeito residual do fósforo e do potássio

Níveis de N, P e K	Experiência 1, Campinas			Experiência 13, Jaú		
	Primavera	Outono	Médias	Primavera	Outono	Médias
000	650	367	508	50	458	254
001	483	500	492	83	517	300
002	600	600	600	83	642	363
010	633	867	750	100	617	358
011	717	950	833	167	858	513
012	1.250	1.100	1.175	217	667	442
020	783	1.067	925	200	967	583
021	667	950	809	100	808	454
022	433	700	566	317	683	500
100	1.033	1.033	1.033	50	608	329
101	467	600	533	167	533	350
102	500	433	467	117	658	387
110	633	867	750	183	875	529
111	900	1.300	1.100	350	867	609
112	600	833	716	467	517	492
120	700	1.233	966	167	867	517
121	900	1.167	1.034	483	775	629
122	700	967	834	183	875	529
200	883	767	825	83	600	341
201	967	800	883	133	592	363
202	583	433	508	50	633	341
210	800	917	858	167	775	471
211	867	783	825	433	808	620
212	1.067	1.267	1.167	100	767	434
220	1.067	1.317	1.192	350	1.000	675
221	850	967	909	233	717	475
222	783	900	842	317	825	571
MÉDIAS						
N ₀	691	789	740	146	691	419
N ₁	715	937	826	241	731	485
N ₂	874	906	890	207	746	477
P ₀	685	615	650	91	582	336
P ₁	830	987	908	242	750	496
P ₂	765	1.030	898	261	835	548
K ₀	798	937	867	150	752	451
K ₁	758	891	824	239	720	479
K ₂	724	804	764	206	696	451

(1) Adubos usados: sulfato de amônio, superfosfato simples e sulfato de potássio.

O nitrogênio, o potássio e a mistura *m* melhoraram a nodulação e o calcário a prejudicou, mas muito pouco. Entretanto, o fósforo influenciou apreciavelmente, pois as médias das notas com P_0 , P_1 e P_2 foram, respectivamente, 4,8, 6,0 e 6,5.

3.3 — EXPERIÊNCIA 12, EM LIMEIRA

Esta foi instalada em terra-roxa-misturada, numa área com vegetação de cerrado. Como por ocasião da experiência 11, as chuvas foram mais abundantes que as normais da época, mas isso não impediu que as produções (quadros 3 e 4) fôssem bastante elevadas.

Na análise do fatorial, o coeficiente de variação correspondeu a 22%. O efeito linear do nitrogênio foi significativo ao nível de 5%: com N_1 , +62 kg/ha (+4%); com N_2 , +372 kg/ha (+27%). O do fósforo, significativo ao nível de 5% e linear, atingiu +375 kg/ha (+30%), com a dose 1, e +443 kg/ha (+35%), com a dose 2. O do potássio, porém, foi quase nulo. As interações duplas não alcançaram significância. Na parte extra da experiência, conquanto o coeficiente de variação fôsse de apenas 8,4%, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. As respostas a NPK, à mistura *m* e ao calcário foram de, respectivamente, -38, +281 e -138 kg/ha.

Convém assinalar que, no fatorial, embora a produção média dos tratamentos sem fósforo e sem nitrogênio fôsse relativamente alta, de 1.116 kg/ha, a dos que receberam as doses 2 desses elementos se elevou a 2.067 kg/ha, sendo, portanto, de 951 kg/ha ou 85% o aumento observado.

O nitrogênio e o potássio favoreceram ligeiramente a nodulação, mas a influência do fósforo é que foi grande, pois as notas médias obtidas com P_0 , P_1 e P_2 foram, respectivamente, de 3,9, 7,0 e 7,2. Na parte extra, enquanto o tratamento sem adubo apresentou 3,3 de nodulação, o que recebeu NPK elevou a nota a 5,7, e a adubação com NPK + *m*, a 6,3. A adição de calcário a essa adubação não provocou aumento de nodulação.

3.4 — EXPERIÊNCIA 13, EM JAÚ

Instalada na primavera e repetida no outono seguinte. A área utilizada, de terra-roxa-misturada, teve capineira para corte, durante vários anos, sendo depois usada como pastagem. Em 1959-60 foi cultivada com feijão, sem adubo, e produziu muito pouco. Na experiência, o plantio da primavera foi prejudicado, aparentemente pelo excesso de chuva durante a maior parte do ciclo, e as produções (quadros 2 e 4) foram muito baixas. No plantio do outono, com condições meteorológicas mais favoráveis, as produções melhoraram consideravelmente.

QUADRO 3. — Produções, em quilogramas de sementes por hectare, obtidas em cinco experiências de adubação do feijoeiro conduzidas em terra-roxa-misturada na primavera (safra "das águas") de 1960-61, nas quais foram estudadas, num esquema fatorial 3³, as doses 0, 30, 60 kg/ha de N, 0, 60, 120 kg/ha de P₂O₅ e 0, 45, 90 kg/ha de K₂O. Os adubos usados foram sulfato de amônio, superfosfato simples e sulfato de potássio

Níveis de N, P e K	Exp. 11	Exp. 12	Exp. 14	Exp. 15	Exp. 28
000	1.500	1.083	275	370	450
001	150	883	570	853	250
002	850	1.383	368	381	300
010	1.083	1.700	490	451	416
011	983	1.333	425	833	416
012	816	1.567	533	685	533
020	700	1.333	403	988	433
021	1.366	1.500	548	798	233
022	1.383	1.767	382	750	533
100	750	1.417	300	691	367
101	1.167	1.150	376	361	367
102	683	1.517	493	457	500
110	916	1.500	698	926	750
111	950	1.066	758	725	367
112	1.333	1.867	473	465	500
120	1.567	1.550	660	873	400
121	767	1.633	790	973	533
122	1.267	1.400	465	833	250
200	300	1.667	673	953	600
201	1.050	1.216	375	293	200
202	1.050	1.083	287	511	433
210	1.783	1.716	600	728	367
211	1.033	1.650	820	870	533
212	1.250	2.366	990	856	333
220	1.333	1.950	785	977	733
221	1.766	2.667	571	612	583
222	1.333	1.583	731	988	1.000
MÉDIAS					
N ₀	981	1.394	444	679	396
N ₁	1.044	1.456	557	700	448
N ₂	1.211	1.766	648	754	531
P ₀	833	1.266	413	541	385
P ₁	1.127	1.641	643	726	468
P ₂	1.276	1.709	593	866	522
K ₀	1.104	1.546	543	773	502
K ₁	1.026	1.455	581	702	387
K ₂	1.107	1.615	525	658	487

Na análise conjunta dos dois períodos, o coeficiente de variação atingiu 22%, na parte fatorial, e 29% na parte extra. Nessas duas partes, as interações tratamentos \times períodos de plantio não alcançaram significância.

Em média dos dois plantios, as respostas ao nitrogênio, de +66 kg/ha (+16%), com a dose 1, e +58 kg/ha (+14%), com a dose 2, não foram significativas. O potássio praticamente não modificou a produção. O efeito do fósforo, porém, foi altamente significativo e linear, tendo as doses 1 e 2 aumentado a produção em, respectivamente, 160 e 212 kg/ha (48 e 63%). As interações duplas entre esses fatores não alcançaram significância. Na parte extra não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Aliás, as respostas a NPK, à mistura *m* e ao calcário foram de apenas +157, +55 e -10 kg/ha, respectivamente.

3.5 — EXPERIÊNCIA 14, EM JAÚ

A área aproveitada, de terra-roxa-misturada, havia tido culturas de milho, moderadamente adubadas, nos dois anos anteriores à experiência. Nesta, realizada somente na primavera, as produções (quadros 3 e 4) foram prejudicadas pelo excesso de chuvas.

No fatorial, o coeficiente de variação atingiu 27%. O efeito do nitrogênio foi linear e significativo ao nível de 5%, tendo as doses 1 e 2 aumentado a produção em 113 e 204 kg/ha (25 a 46%). Os aumentos proporcionados por P_1 e P_2 corresponderam a, respectivamente, 230 e 180 kg/ha (56 e 44%), sendo significativos os componentes linear e quadrático. O potássio ficou praticamente sem resposta. As interações duplas entre esses elementos não foram significativas. Observou-se, contudo, que a resposta à dose 2 de nitrogênio, de apenas +10%, na ausência do fósforo, passou a +66%, na presença de P_1 , e a +57%, na presença de P_2 . Por sua vez, na presença de N_0 , N_1 e N_2 , as respostas à dose 2 de fósforo corresponderam, respectivamente, a +10, +64 e +56%.

Na parte extra, o coeficiente de variação se elevou a 29% e não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Os efeitos de NPK, da mistura *m* e do calcário foram, respectivamente, de +208, -47 e -21 kg/ha.

3.6 — EXPERIÊNCIA 15, EM JAÚ

Conduzida em terra-roxa-misturada de boa fertilidade, cultivada, com algodão não adubado, em 1959-60. Conquanto as chuvas fôssem excessivas durante a execução da experiência, as produções (quadros 3 e 4) atingiram níveis satisfatórios.

QUADRO 4. — Produções, em quilogramas de sementes por hectare, obtidas em 1960-61 com os tratamentos extras das sete experiências de adubação do feijoeiro conduzidas em terra-roxa-misturada. As experiências 1 e 13 foram instaladas na primavera e repetidas, nos mesmos canteiros, no outono seguinte, ocasião em que só receberam adubação nitrogenada, para verificar-se o efeito residual dos outros elementos

Número das experiências	Período de plantio	Tratamentos extras ⁽¹⁾			
		O	NPK	NPK + m	NPK + m + c
1	Primavera	622	716	810	733
	Outono	617	1.060	988	872
	Médias	620	888	899	802
11	Primavera	510	788	1.255	983
12	Primavera	1.450	1.412	1.693	1.555
13	Primavera	78	217	200	295
	Outono	542	717	843	730
	Médias	310	467	522	512
14	Primavera	335	543	496	475
15	Primavera	455	685	872	698
28	Primavera	188	388	505	333

⁽¹⁾ O = sem adubo e sem corretivo; NPK = 60-120-90 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O como Nitrocálcio, superfosfato triplo e cloreto de potássio; m = mistura de gesso, sulfato de zinco, sulfato de cobre, bórax e molibdato de sódio; c = calcário (4 t/ha). As produções são médias de três repetições.

No fatorial, o coeficiente de variação foi de 23%, e as respostas às doses 1 e 2 de nitrogênio, respectivamente +21 e +75 kg/ha (+3 e +11%), não alcançaram significância. O efeito do potássio, não significativo, foi depressivo: -71 kg/ha (-9%), com a dose 1, e -115 kg/ha (-15%), com a dose 2. O do fósforo, porém, foi altamente significativo e linear, tendo as doses 1 e 2 proporcionado aumentos de, respectivamente, 185 e 325 kg/ha (34 e 60%). As interações duplas não alcançaram significância. Notou-se, contudo, que a presença do nitrogênio concorreu para aumentar, e a do fósforo, para diminuir a depressão causada pelo potássio.

Na parte extra, o coeficiente de variação baixou a 18%. Segundo o teste de Tukey, as respostas a NPK (+230 kg/ha), à mistura m (+187 kg/ha) e ao calcário (-174 kg/ha) não atingiram significância.

3.7 — EXPERIÊNCIA 28, EM RIBEIRÃO PRÊTO

Instalada numa área de terra-roxa-misturada, cultivada sem adubo nos anos anteriores. O excesso de chuvas parece ter prejudicado a produção (quadros 3 e 4).

O coeficiente de variação, no fatorial, correspondeu a 22%. Os efeitos do nitrogênio e do fósforo foram significativos ao nível de 5% e lineares. Com as doses 1 e 2, os do nitrogênio atingiram +52 e +135 kg/ha (+13 e +34%), e os do fósforo, +83 e +137 kg/ha (+22 e +36%). As respostas ao potássio, porém, foram negativas. O efeito K_Q alcançou significância ao nível de 5% e foi positivo, mas porque a resposta à dose 2 (-3%) foi menos depressiva que a da dose 1 (-23%).

A interação $N_L \times P_L$, significativa ao nível de 5%, mostrou que o nitrogênio e o fósforo se beneficiaram mutuamente. Enquanto a resposta a N_2 foi de apenas +78 kg/ha, na ausência do fósforo, na presença de P_2 elevou-se a +372 kg/ha. Correspondentemente, o efeito de P_2 passou de +67 kg/ha, na ausência do nitrogênio, a +361 kg/ha, na presença de N_2 . A produção média dos tratamentos sem nitrogênio e sem fósforo (com ou sem potássio) foi de tão somente 333 kg/ha, ao passo que a dos adubados com as doses 2 daqueles elementos atingiu 772 kg/ha.

Na análise dos tratamentos extras, o coeficiente de variação se elevou a 25% e somente o tratamento 0 se mostrou significativamente inferior (Tukey) aos que receberam NPK, com ou sem adição de m e c . A resposta a NPK foi de +200 kg/ha, e a adição, a essa adubação, da mistura m , ainda aumentou a produção, não significativamente, em 117 kg/ha. O efeito do calcário, porém, embora não significativo, foi fortemente depressivo (-172 kg/ha ou -34%).

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Durante a execução das experiências da primavera, choveu muito mais que as correspondentes normais, principalmente em Ribeirão Prêto e Jaú, o que parece ter prejudicado apreciavelmente a produção. No outono, as condições meteorológicas foram, em seu conjunto, muito mais favoráveis.

O efeito do fósforo foi muito acentuado e significativo em todas as experiências. Em média das sete relatadas neste trabalho, as respostas às doses de 60 e 120 kg/ha de P_2O_5 , como superfosfato simples, corresponderam, respectivamente, a +227 e +284 kg/ha de sementes ou +36 e +45% da produção dos tratamentos sem fósforo, que foi de 632 kg/ha. Nas experiências individuais, os efeitos médios desse elemento foram de +110 e +186 kg/ha, em duas, oscilaram entre +205 e +255 kg/ha, em

três, e atingiram +368 e +409 kg/ha, em duas. Em números relativos, as respostas médias variaram de +29 a +39%, em três, e de +44 a +55%, nas outras quatro. O efeito residual do fósforo, verificado, no plantio do outono, em duas experiências, foi até maior que o imediato, talvez porque, naquela época, as condições meteorológicas foram mais favoráveis à produção.

Conquanto muito menor que o do fósforo, o efeito do nitrogênio (sulfato de amônio) também foi apreciável, pois alcançou significância em cinco experiências, e, em média das sete, as respostas às doses de 30 e 60 kg/ha corresponderam, respectivamente, a +66 e +175 kg/ha (+9 e +24%). Nas experiências individuais, as respostas médias ao nitrogênio foram de +48 e +62 kg/ha, em duas localidades, e variaram entre +94 e +217 kg/ha, nas demais. Nas duas primeiras localidades é que o efeito do nitrogênio não alcançou significância.

Entretanto, o potássio (sulfato de potássio) não aumentou significativamente a produção em qualquer das experiências e, na maioria delas, seu efeito foi depressivo. Em média das sete experiências, as respostas a 45 e 90 kg/ha de K_2O foram de, respectivamente, -48 e -26 kg/ha (-6 e -3%). O efeito residual do potássio ainda foi negativo.

A interação $N_L \times P_L$ só foi significativa (e positiva) em uma das experiências. Em várias outras, porém, notou-se certa tendência para um desses elementos atuar melhor na presença do outro, tanto em números absolutos como porcentualmente. Por esse motivo e, também, para dar uma idéia mais clara das produções obtidas em média das sete experiências, elaborou-se o quadro 5.

Observa-se que, sempre que se aumentou o nível de nitrogênio ou de fósforo, a produção cresceu, a ponto de atingir, com os níveis 2 desses nutrientes, 1.061 kg/ha, isto é, 83% mais que a dos tratamentos sem fósforo e sem nitrogênio. Isso, não obstante o excesso de chuvas na primavera.

QUADRO 5. — Produções médias, em quilogramas de feijão por hectare, da parte fatorial das sete experiências de adubação realizadas em terra-roxa-misturada, no ano agrícola 1960-61

Níveis de nitrogênio	Níveis de fósforo		
	P_0	P_1	P_2
N_0	580	778	807
N_1	652	833	880
N_2	664	965	1.061

Pode-se calcular, ainda, que a resposta à dose 2 de nitrogênio, de tão somente +84 kg/ha (+14%) na ausência do fósforo, passou a +254 kg/ha (+31%) na presença de P₂. Correspondentemente, na ausência do nitrogênio e na presença de N₂, as respostas à dose 2 de fósforo foram de, respectivamente, +227 e +397 kg/ha ou +39 e +60%.

Convém notar que, na média geral das experiências, a presença do potássio concorreu para reduzir o efeito do nitrogênio e para elevar o do fósforo.

A adição, a uma adubação com NPK (60-120-90 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, nas formas de Nitrocálcio, superfosfato triplo e cloreto de potássio), da mistura denominada *m* (gesso + sulfato de cobre + sulfato de zinco + bórax + molibdato de sódio), proporcionou, em quatro localidades, aumentos de produção de 117, 187, 281 e 467 kg/ha, correspondentes a 30, 27, 20 e 59%, mas nenhum deles atingiu o nível de significância. Nas outras experiências, as respostas a essa mistura foram de -47, +11 e +55 kg/ha (-9, +1 e +12%). Nas duas experiências repetidas no outono, o efeito residual de *m*, não significativo, foi positivo (+126 kg/ha), em uma, e negativo (-72 kg/ha), em outra.

O efeito da calagem (4 t/ha de calcário), estudado na presença da adubação com NPK + *m*, foi sempre negativo e, em média das sete experiências, correspondeu a -127 kg/ha ou -14%. Em duas localidades, as depressões provocadas pela adição de calcário foram de apenas 10 e 21 kg/ha; nas outras cinco, variaram entre 97 e 272 kg/ha, mas não alcançaram significância. O efeito residual do corretivo, verificado em duas experiências, ainda foi negativo.

A essas conclusões, baseadas nos fatos observados, convém acrescentar alguns comentários que possam ser úteis no planejamento e na execução de novas experiências.

O grande efeito médio do fósforo já era esperado, pois as experiências foram instaladas em terra-roxa-misturada e, na sua maior parte, as áreas utilizadas não haviam sido adubadas nas culturas anteriores.

Embora muito pronunciado (para uma leguminosa), o efeito do nitrogênio parece ter sido prejudicado pela aplicação tardia tanto da primeira como, principalmente, da segunda metade das doses (v. capítulo 2). A necessidade do emprêgo desse nutriente logo depois da emergência do feijoeiro já foi demonstrada em estudo sobre o assunto (2).

Em média das três experiências em que se determinou o grau de nodulação (notas 1 a 10), o nitrogênio, o potássio e a mistura *m* influíram favoravelmente, mas muito pouco, e o efeito

do calcário foi nulo. O do fósforo, porém, foi considerável nas três e, em média, as notas obtidas por P_0 , P_1 e P_2 alcançaram, respectivamente, 4,2, 6,6 e 7,1. Em vista disso, poder-se-ia supor que, aumentando a fixação de nitrogênio atmosférico, a presença do fósforo diminuisse a necessidade de adubação nitrogenada e, por conseguinte, seu efeito sobre a produção. Entretanto, em média das três experiências consideradas, o efeito de N_2 , que foi de apenas +136 kg/ha (+16%), na ausência do fósforo, elevou-se a +272 kg/ha (+24%), na presença de P_1 , e atingiu +377 kg/ha (+34%), na presença de P_2 . Como o fósforo não influenciou somente sobre a nodulação, mas, ao mesmo tempo, sobre o desenvolvimento das plantas e a produção, provavelmente aumentou o consumo de nitrogênio a um nível tal que a maior nodulação não foi suficiente para fornecer.

Embora o bom efeito da mistura *m* não tenha sido tão generalizado como nas experiências conduzidas em solos do arenito Bauru (3), os resultados obtidos em algumas das presentes experiências, localizadas em zonas bem afastadas, encarecem a conveniência de determinar, também na terra-roxa-misturada, qual ou quais os elementos que mais influíram na citada mistura. Considerações semelhantes às tecidas no estudo anterior (3) levariam a atribuir ao enxofre lugar de destaque no efeito da mistura. A propósito, convém lembrar, ainda, que nas presentes experiências, tal como aconteceu nas estudadas anteriormente (3), a média das produções obtidas com a adubação NPK da parte extra (739 kg/ha) foi muito inferior à proporcionada pelo tratamento 222 da parte fatorial (1.007 kg/ha), e que as duas adubações, iguais quanto às doses de N, P e K, diferiam principalmente pelas doses de S, desprezível, na primeira, e elevada, na última.

Devido aos múltiplos efeitos da calagem, que, além de fornecer cálcio e magnésio, pode modificar a solubilidade de vários elementos, e à falta de análises posteriores dos solos, torna-se difícil explicar porque seu emprêgo deprimiu a produção em tôdas as experiências. É verdade que os índices pH não eram muito baixos, pois variavam entre 5,6 e 6,6. Mas o fato é que não se encontrou qualquer relação entre os graus de depressão e os valores de pH ou teores de Ca^{++} , Mg^{++} e $H^+ + Al^{+++}$. Parece, assim, que a dose usada, de 4 t/ha de calcário, foi altamente exagerada para qualquer dos solos em estudo. Deve-se acrescentar que semelhantes resultados foram obtidos no trabalho anterior (3), o que indica ser necessária muita cautela na execução da calagem.

Por fim, deve-se lembrar que a experiência 12 foi instalada em solo de cerrado recém-desbravado. Os detalhes apresentados no capítulo 3.3 dispensam novos comentários aqui.

MINERAL FERTILIZERS FOR DRY BEANS. II — EFFECTS OF N, P, K, LIMING AND A MIXTURE CONTAINING SULFUR AND MICRO-NUTRIENTS ON “TERRA-ROXA-MISTURADA” SOILS

SUMMARY

Seven experiments were conducted on “terra-roxa-misturada” areas of the State of São Paulo to study the effects of several fertilizer treatments on dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Phosphorus increased the yields in all of the experiments, nitrogen, in five, and potassium, in none of them. The addition of a mixture containing sulfur and micro-nutrients (Zn, Cu, B and Mo) to a NPK fertilizer induced insignificant yield increases in four localities. Although not significantly, liming depressed the yields in all of the experiments.

LITERATURA CITADA

1. 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. 29p. (Boletim 69)
2. MIYASAKA, S., FREIRE, E. S. & MASCARENHAS, H. A. A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia* 22:[511]-519. 1963.
3. ———, IGUE, KOZEN & FREIRE, E. S. Adubação do feijoeiro em solos derivados do arenito Bauru. *Bragantia* 24:[231]-245. 1965.
4. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. (e outros). Informações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.