

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

Vol. 22

Campinas, setembro de 1963

N.º 40

MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO FEIJOEIRO (1)

SHIRO MIYASAKA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Leguminosas*, E. S. FREIRE, *engenheiro-agrônomo* (2), e HIPÓLITO A. A. MASCARENHAS, *engenheiro-agrônomo, Seção de Leguminosas, Instituto Agrônômico*

RESUMO

Em 1961 conduziu-se, em Ribeirão Preto, uma experiência preliminar para estudar o efeito, sobre o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), de vários adubos, inclusive quatro formas de nitrogênio, sendo as doses totais deste aplicadas de uma vez, em quatro épocas: 0, 22, 42 e 62 dias após a emergência das plantas.

As respostas às adubações com PK e PK + estérco foram muito pequenas. O efeito médio do nitrogênio alcançou +81%, quando aplicado após a germinação, mas baixou sucessivamente nas épocas seguintes. Não foram significativas as diferenças entre uréia, sulfato de amônio e Nitrocálcio, bem como entre uréia sólida e em solução a 1%. A nodulação, em regra muito baixa, foi um pouco maior nos tratamentos em que se retardou a adubação nitrogenada, mas não conseguiu evitar que, nêles, as produções caíssem consideravelmente.

1 - INTRODUÇÃO

Em uma série de ensaios em andamento tem-se notado que o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), apesar de se usarem sementes inoculadas, responde com relativa frequência à adubação nitrogenada mineral. Tendo em vista os estudos de vários autores, inclusive os de Thornton, citados por Russell (1), segundo os quais essa adubação reduz a formação de nodosidades nas raízes das leguminosas — e, por conseguinte, sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico — em 1961 conduziu-se uma experiência com alguns adubos, sendo que os nitrogenados foram aplicados em quatro épocas dife-

(1) Trabalho apresentado à XV Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada em Campinas de 7 a 13 de julho de 1963. Recebido para publicação em 31 de julho de 1963.

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

rentes, a fim de verificar seu efeito sobre a produção do feijoeiro e ao mesmo tempo sua interferência com a formação de nódulos.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os resultados obtidos nessa experiência, que teve caráter preliminar.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi instalado na parcela 16 da Estação Experimental de Ribeirão Preto, numa área de terra-roxa-misturada tendo pH 5,50, 0,16% de nitrogênio total e, em e. mg por 100 g de solo seco, 0,20 de K^+ , 3,70 de Ca^{++} trocáveis e 0,58 de PO_4^{-3} extraído com solução de ácido oxálico e oxalato de potássio (3). A área utilizada havia sido cultivada, nos dois anos anteriores, com algodão e milho adubados com NPK.

Em blocos ao acaso, com seis repetições, foram estudados 20 tratamentos, quatro extras e 16 constituindo um esquema fatorial 4×4 para formas e épocas de aplicações de adubos nitrogenados. Os tratamentos extras constaram de 1) sem adubo; 2) PK; 3) PK + estêrco de curral; 4) PK + estêrco + sulfato de amônio. No esquema fatorial foram comparadas, em quatro épocas e sempre na presença de PK, as adubações *ul*, *us*, *sa* e *nc*, sendo que *ul* e *us* significam, respectivamente, uréia líquida e uréia sólida; *sa* e *nc*, sulfato de amônio e Nitrocálcio, no estado sólido.

De estêrco, empregaram-se 8,5 t/ha; de P_2O_5 , 120 kg/ha, na forma de superfosfato simples; de K_2O , 60 kg/ha, como cloreto de potássio; de N, 50 kg/ha, nas formas já indicadas. No cálculo dessas doses não se consideraram os nutrientes do estêrco. O estêrco, o fósforo e o potássio foram aplicados na véspera da sementeira, em sulcos situados 5 cm ao lado dos destinados às sementes; o nitrogênio, em cobertura, acompanhando as linhas de plantas. As doses totais de *ul*, *us*, *sa* e *nc* foram empregadas de uma vez, nas quatro épocas seguintes: primeira, ao completar-se a germinação; segunda, quando as plantas tinham 22 dias de idade (a partir da emergência); terceira, 20 dias mais tarde, pouco tempo depois do início da floração; quarta, 20 dias após a terceira.

Para a aplicação de *ul* usou-se um pulverizador comum, gastando-se, de uma solução a 1% do produto comercial, quantidade correspondente a 10 870 l/ha. A solução foi aspergida sobre as linhas de plantas, mas tanto molhou a folhagem como o solo.

Os canteiros constaram de sete fileiras de 5 m, espaçadas de 0,40 m, sendo distribuídas 10 sementes por metro linear. Para a colheita foram

(3) O solo foi analisado na Seção de Química Mineral.

aproveitadas somente as três fileiras centrais ou 6 m². Usaram-se sementes inoculadas da variedade Creme, fazendo-se o plantio em 4 de outubro e colhendo-se em 26 de dezembro de 1961. A emergência das plantas terminou, praticamente, no dia 18 de outubro, tendo o florescimento começado por volta de 26 de novembro.

No dia 20 de novembro (11 dias depois da segunda aplicação de nitrogênio) fizeram-se observações sobre a vegetação, dando, a cada canteiro, notas de 1 a 10, conforme o aspecto geral das plantas era mau ou ótimo. Para ter uma idéia do efeito dos tratamentos sobre a nodulação, nessa data também foram cuidadosamente extraídas, ao acaso, 10 plantas das bordaduras de todos os canteiros, que receberam, igualmente, notas de 1 a 10: 1 para aqueles cujas plantas tinham poucos nódulos e 10 para os que apresentavam abundante nodulação.

Em 22 de novembro trataram-se as plantas, por meio de pulverização, com Dithane, contra *Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth., e com Endrex, contra *Empoasca* sp. e outros insetos.

Acolheita foi feita pelo processo comum, arrancando-se as plantas quando estavam quase sem folhas e com as vagens maduras ou secas. Nessa ocasião pesou-se a produção total de ramos + parte das raízes + vagens. Depois de secas em terreiro é que as plantas foram batidas, determinando-se, então, o peso das sementes.

Nos 10 dias que se seguiram ao plantio o tempo correu seco, retardando um pouco a emergência das plantas. Daí por diante, porém, as chuvas foram razoavelmente bem distribuídas e favoráveis à atuação dos adubos nitrogenados aplicados nas primeira, segunda e quarta épocas; a dos empregados na terceira época é que talvez tenha sido retardada, pois a camada superficial do solo estava seca nessa ocasião e seguiram-se cinco dias praticamente sem chuvas.

3 – RESULTADOS

Os “stands” finais foram bons e suficientemente uniformes para todos os tratamentos, com exceção dos que receberam estêrco e do PK + *ul* primeira época), que, já na germinação, sofreram pequena redução em relação ao tratamento PK. Contudo, essas diferenças não foram significativas.

Produção de sementes – Os resultados se acham no quadro 1. No conjunto da experiência o coeficiente de variação correspondeu a 25,5% e a análise da variância mostrou haver diferenças altamente significativas entre os tratamentos.

QUADRO 1. — Resultados de um ensaio de adubação do feijoeiro realizado em Ribeirão Preto e no qual, além dos outros tratamentos indicados, foram aplicados, em diferentes épocas (0, 22, 42 e 62 dias após a germinação), 50 kg/ha de N nas formas de uréia (*us*), sulfato de amônio (*sa*), Nitrocálcio (*nc*) e uréia em solução (*ul*). As observações sobre a nodulação e o aspecto da vegetação foram efetuadas 33 dias depois da germinação.

Adubos empregados	Época de aplicação de N	Nodulação	Vegetação	Produção (1) de	
				ramas	sementes
				t/ha	kg/ha
PK + <i>ul</i>	1. ^a	2,0	9,1	3,4	506
PK + <i>us</i>	1. ^a	2,1	9,7	3,5	500
PK + <i>sa</i>	1. ^a	2,6	9,7	3,1	811
PK + <i>nc</i>	1. ^a	2,3	9,6	3,7	839
Médias .....	.....	2,2	9,5	3,4	838
PK + <i>ul</i>	2. ^a	2,9	8,7	3,3	825
PK + <i>us</i>	2. ^a	2,0	8,7	3,3	686
PK + <i>sa</i>	2. ^a	3,2	8,7	2,8	700
PK + <i>nc</i>	2. ^a	3,1	8,7	3,1	703
Médias .....	.....	2,8	8,7	3,1	729
PK + <i>ul</i>	3. ^a	3,5	6,8	2,0	539
PK + <i>us</i>	3. ^a	3,4	6,5	2,1	500
PK + <i>sa</i>	3. ^a	3,0	6,5	1,5	481
PK + <i>nc</i>	3. ^a	2,3	7,1	2,3	508
Médias .....	.....	3,1	6,7	2,0	507
PK + <i>ul</i>	4. ^a	3,6	7,1	2,4	750
PK + <i>us</i>	4. ^a	3,3	7,3	2,6	567
PK + <i>sa</i>	4. ^a	2,6	7,0	2,0	550
PK + <i>nc</i>	4. ^a	3,8	7,3	2,2	550
Médias .....	.....	3,3	7,2	2,3	604
PK .....	.....	2,6	6,5	1,8	464
PK + estêrco .....	.....	4,7	6,5	2,1	514
PK + estêrco + <i>sa</i>	2. ^a	2,3	6,1	1,9	408
Sem adubo .....	.....	2,1	6,5	1,6	397

(1) As ramas foram pesadas na ocasião da colheita; as sementes, depois de secas ao ar.

Examinando a parte fatorial, verificou-se não haver diferenças significativas entre as formas de fertilizantes nitrogenados (*ul*, *us*, *sa* e *nc*), não sendo também significativas as interações entre êsses fertilizantes e as épocas de aplicação. Efetivamente, em média das quatro épocas de aplicação as produções obtidas com PK mais *ul*, *us*, *sa* ou *nc* pouco diferiram, pois corresponderam, respectivamente, a 729, 663, 635 e 650 kg/ha.

Convém assinalar que, embora sem significância estatística, *ul* só não foi superior a *us* na primeira época de aplicação, provavelmente porque, nessa época, o "stand" daquele tratamento sofreu pequena redução (aliás, já na germinação; antes, portanto, da pulverização com *ul*). Da primeira para a quarta época as relações entre as produções com *ul* e *us* foram, sucessivamente, 100:112, 100:83, 100:93 e 100:76. Deve-se lembrar que se empregaram, em cada aplicação de *ul*, 10.870 l/ha de água.

A diferença entre as épocas de aplicação do nitrogênio (representado, agora, pela média das quatro formas usadas, que não diferiram estatisticamente) foi significativa ao nível de 1%. Contudo, tanto a componente linear como a quadrática e a cúbica também foram altamente significativas, mostrando que as produções não se modificaram linearmente. Efetivamente, tendo a de PK + N alcançado 838 kg/ha na primeira época, na segunda baixou para 729 e, na terceira, para 507 kg/ha; na quarta, porém, elevou-se para 604 kg/ha. Seja como for, esta última produção foi bem inferior à da segunda época e muito menor do que a da primeira.

A acentuada diferença entre as épocas de aplicação de nitrogênio não teria importância prática se a adição desse nutriente não tivesse aumentado a produção. Todavia, tomando como base a produção do tratamento extra PK, 464 kg/ha, pôde-se verificar que, aplicada na primeira época, a adubação nitrogenada provocou um magnífico aumento de 374 kg/ha, correspondente a 81% e significativo ao nível de 1%. Na segunda e na quarta épocas as respostas ao nitrogênio também foram significativas, mas ao nível de 5%.

Estudando os tratamentos extras da experiência, observa-se que, em relação ao sem adubo, o efeito de PK correspondeu a tão somente +67 kg/ha; em relação a PK, o do estêrco também foi muito pequeno (50 kg/ha) e, o do conjunto estêrco + *sa*, negativo. Essas pequenas respostas não tiveram significância estatística.

O efeito do estêrco na presença do sulfato de amônio pode ainda ser verificado comparando-se PK + estêrco + *sa* com o tratamento PK + *sa* do esquema fatorial (*sa* aplicado na segunda época). Neste caso, ele seria fortemente depressivo (-292 kg/ha). Parece que, por ter sido empregado tardiamente (na véspera do plantio) e muito próximo das sementes, o estêrco reduziu os "stands", já na germinação. Nos "stands" finais, essas reduções não foram grandes; contudo, elas justificam a suposição de que, nos canteiros afetados, muitas plantas, embora prejudicadas, conseguiram chegar à maturidade, mas pouco ou nada produziram. Daí o péssimo comportamento desse adubo, bem como o de *sa*, quando empregado na sua presença.

Produção de ramas — Conforme indicado no capítulo 2, nesta produção estão incluídas as raízes mais resistentes ao arrancamento e as cascas das vagens. Deve-se notar, também, que o pêso desse material foi tomado logo após a colheita, portanto, com teor ainda elevado e, talvez desuniforme, de umidade.

Como no quadro 1 são apresentadas essas produções em t/ha, aqui basta mencionar que, em regra, elas foram aproximadamente proporcionais às de sementes. No que se refere às épocas de aplicação dos adubos nitrogenados, dando o valor 100 à média da produção de ramas na primeira época, os índices das épocas seguintes seriam, sucessivamente, 90, 59 e 68. Fazendo o mesmo com as produções de sementes, os índices seriam 87, 61 e 72.

Nodulação e aspecto da vegetação — Estes itens só foram estudados 11 dias após a segunda época de aplicação, quando os canteiros destinados às terceira e quarta épocas ainda não haviam recebido nitrogênio e estavam, assim, como os do tratamento PK.

Efetivamente, as médias das notas (1 a 10) obtidas pela vegetação desses últimos tratamentos atingiram 6,7 e 7,2, pouco diferindo da correspondente ao tratamento PK, 6,5. Enquanto isso, a dos que receberam nitrogênio na primeira época se elevava a 9,5 e a dos adubados na segunda já alcançava 8,7. Entre as diversas formas de nitrogênio não houve, praticamente, diferença. Deve-se acrescentar que as notas dos tratamentos sem adubo, PK + estêrco e PK + estêrco + *sa* foram, respectivamente, 6,5, 6,5, e 6,1.

Quanto à nodulação, a nota do tratamento PK propriamente dito correspondeu a 2,6, ao passo que as dos dois grupos de tratamentos que ainda não haviam recebido nitrogênio (e estavam, portanto, somente com PK) foram 3,1 e 3,3, quase iguais à média (2,8) dos que o receberam na segunda época. É verdade que nos adubados na primeira época a nota baixou para 2,2, mas não foi muito inferior à média dos que, até o momento do exame, só haviam recebido PK. Entre as formas de adubação nitrogenada as diferenças também foram pequenas e inconsistentes.

Nos canteiros sem adubo a nodulação atingiu apenas 2,1. Tratando-se de um solo que, na produção de ramas e sementes, pouco respondeu à adubação com PK, dever-se-ia esperar melhor nota; entretanto, ela foi praticamente igual à dos tratamentos que receberam nitrogênio na primeira época.

A melhor nodulação da experiência, 4,7, foi observada no tratamento PK + estêrco. Contudo, no PK + estêrco + *sa* ela baixou para 2,3. A objeção de que o sulfato de amônio teria sido o causador da redução não

parece razoável, pois no tratamento PK + sa (sendo sa aplicado na segunda época, como quando adicionado ao estêrco) a nota média atingiu 3,2.

Essas considerações mostram que, ao contrário do que se observou no aspecto da vegetação, bem como na produção de ramas e sementes, o grau de nodulação variou, aparentemente, sem relação explicável com os tratamentos estudados, não se podendo, assim, afirmar que, na presente experiência, êle tenha sido prejudicado pela aplicação de nitrogênio logo após ou pouco depois da germinação do feijoeiro. Mostram também que, mesmo nos melhores casos, a nodulação ficou muito abaixo da considerada ótima.

4 - DISCUSSÃO

O efeito médio do nitrogênio na produção de sementes, que foi excelente e atingiu +81% (+374 kg/ha) na primeira época de aplicação, caiu para +57% na segunda e ainda mais nas duas épocas seguintes. Por outro lado, no quadro 1 se vê que os índices de nodosidade nas raízes foram maiores nos tratamentos em que se retardaram as adubações nitrogenadas, passando de 2,2 para 2,8, 3,1 e 3,3.

Conforme verificado no capítulo 3, não se pode afirmar que, na presente experiência, os menores índices de nodulação tenham sido provocados pela aplicação de nitrogênio nas duas primeiras épocas. Seja como fôr, a coincidência do aumento desses índices com o decréscimo no efeito do nitrogênio, poderia levar a supor que êsse decréscimo fôsse simplesmente uma consequência daquele aumento, isto é, que a crescente atividade simbiótica, tornando cada vez menos necessária a adubação nitrogenada, tivesse sido a causa única da redução observada no seu efeito.

Essa seria uma explicação lógica se as produções se tivessem mantido pelo menos no mesmo nível. O que aconteceu, porém, foi que elas caíram com o retardamento das adubações nitrogenadas (quadro 1), mostrando que o aumento do índice de nodulação nem de longe conseguiu evitar que as plantas sofressem fome de nitrogênio no período em que dêle necessitavam em maior escala.

Estudando a nutrição da soja, em vasos com areia e de modo que as plantas não fixassem nitrogênio simbioticamente, Lathwell e Evans (2) verificaram que, sendo o nível dêsse nutriente conservado baixo até a maturação, ou sendo elevado somente durante o desenvolvimento das vagens, as produções de sementes por vaso foram, respectivamente, 182 e 184 g. Quando êsse nível foi alto antes da floração e baixo daí por diante, ou baixo no primeiro período e alto a partir da floração, as produções corresponde-

ram, respectivamente, a 241 e 348 g. Finalmente, a maior produção, 385 g, foi obtida quando se manteve o nível de nitrogênio alto até o término da floração e baixo daí por diante.

Em trabalho publicado recentemente, Gallo e Miyasaka (3), tendo em vista que a maior demanda de nitrogênio pelo feijoeiro ocorre no período de crescimento das sementes, e ainda que, empregada muito cedo, a adubação nitrogenada pode interferir com o processo de fixação do nitrogênio atmosférico, sugeriram que aquela adubação fôsse aplicada tardiamente. Isso, porém, na suposição de que o solo e a atividade simbiótica pudessem fornecer, em tempo útil para as plantas, a maior parte da quantidade necessária do elemento em questão, entrando a adubação como simples complemento. Conforme já se viu, êsse não foi o caso da presente experiência.

Aliás, é preciso ter em mente que, em condições de campo, entre a aplicação de nitrogênio em cobertura e a absorção desse nutriente pelas raízes, há um intervalo, que tanto pode ser de alguns dias, se o adubo empregado fôr nítrico, o solo mais ou menos arenoso e chover suficientemente depois da aplicação, como de algumas semanas, se o adubo usado ainda depender de nitrificação, o solo fôr argiloso e as chuvas escassearem durante esse período. E no caso do feijoeiro, que geralmente começa a florescer cêrca de cinco semanas depois da emergência, qualquer atraso na aplicação pode significar irrecuperável redução na vegetação e, conseqüentemente, sério prejuízo na produção de sementes.

Tratando-se de uma só experiência, o enorme efeito da adubação nitrogenada empregada na primeira época e o baixo índice de nodulação do feijoeiro, mesmo nos tratamentos que mais se destacaram nesse sentido, podiam ser considerados esporádicos. Todavia, numa série de experiências em andamento, essa planta também tem apresentado nodulação geralmente muito fraca e, por outro lado, a adubação nitrogenada, que, em regra, tem sido aplicada 5 a 10 dias após a germinação, com bastante freqüência tem aumentado apreciavelmente a produção. Êsses resultados sugerem a conveniência de estudar a possibilidade de melhorar a nodulação, ou de torná-la mais eficiente, se não para eliminar, ao menos para diminuir a dose de nitrogênio a ser empregada como adubo.

5 - CONCLUSÕES

A experiência relatada, de caráter preliminar, permite tirar as seguintes conclusões:

a) As respostas às adubações com PK e PK + estêrco, conquanto positivas, foram muito pequenas e não significativas.

b) Em média das formas usadas, o efeito do nitrogênio aplicado logo após a emergência das plantas correspondeu a +81%, mas baixou para +57% quando empregado 22 dias depois e mais ainda nas duas aplicações posteriores.

c) As diferenças entre uréia, sulfato de amônio e Nitrocálcio, bem como entre uréia sólida e em solução a 1%, não foram significativas.

d) O índice de nodulação foi, em regra, muito baixo e, embora relativamente maior nos tratamentos em que se retardou a adubação nitrogenada, não conseguiu impedir que, nêles, as produções caíssem consideravelmente.

TIME OF NITROGEN APPLICATION ON DRY BEANS

SUMMARY

A preliminary trial with dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) was conducted at Ribeirão Preto, State of São Paulo to compare the effect of manure and mineral nitrogen, in presence of PK, when applied just after emergence or 22, 42, and 62 days afterwards.

The responses to PK and PK + manure were very poor. The effect of mineral nitrogen reached +81% when it was applied soon after emergence, but decreased considerably as the applications were delayed. Urea, ammonium sulphate, and nitrocalcio (ammonium nitrate + calcium carbonate) as well as urea in a 1% solution gave similar results. The degree of nodulation was generally low, but relatively better when nitrogen application was delayed. In spite of inducing better nodulation, late application of nitrogen reduced the yield considerably.

LITERATURA CITADA

1. RUSSELL, E. J. Soil conditions and plant growth (8.^a edição, revista por E. W. Russel). London, Longmans, Green & Co., 1950. 635 p.
2. LATHWELL, D. J. & EVANS, C. E. Nitrogen uptake from solution by soybeans at successive stages of growth. Agron. J. 43:204-270. 1951.
3. GALLO, J. ROMANO & MIYASAKA, SHIRO. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. Bragantia 20: [867]-884. 1961.