

NITRIFICAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ALGUNS ADUBOS NITROGENADOS NO ARENITO DE BAURU (*)

E. MALAVOLTA (1) — T. COURY (2)
D. PELLEGRINO (3) — H. P. HAAG (1)

1 — INTRODUÇÃO

Os métodos usados para avaliar a necessidade de adubação nitrogenada são quase todos êles falhos e sujeitos a contradições. Explica-se isso em grande parte como consequência da dinâmica do nitrogênio no solo a qual é largamente influenciada por dois fatores que o pesquisador não controla: a temperatura e as chuvas. Veja-se, por exemplo os dados de VERDADE (1951) que ilustram muito bem a tremenda variabilidade do teor de nitratos no solo em função da época de amostragem.

Como a forma nítrica é a usada de preferência pela maioria das plantas cultivadas surgiu a idéia de se ensaiar, em condições de laboratório, o poder de nitrificação de solos e adubos. Em outras palavras: sabendo-se a intensidade com que se formam nitratos a partir do nitrogênio orgânico do solo ou daquele fornecido pelo adubo seria possível determinar *a priori* a resposta cultural.

No presente trabalho estudámos a nitrificação de diversos adubos numa amostra de terra pertencente ao tipo "Arenito de Bauru Superior". Tal tipo de solo abrange uma grande área do Estado de S. Paulo. Depois, no mesmo solo cultivamos aveia (*Avena sativa*) fornecendo-lhe os adubos nitrogenados usados

(*) Ensaio parcialmente financiado pela Manah S. A., Comércio e Indústria de Adubos e Rações, S. Paulo.

- (1) Cadeira de Química Orgânica e Biológica, E. S. A. "Luiz de Queiroz", U. S. P., Piracicaba, S. Paulo.
- (2) Secção Técnica de Química Agrícola, E. S. A. "Luiz de Queiroz", U. S. P., Piracicaba, S. Paulo.
- (3) Cadeira de Química Analítica, E. S. A. "Luiz de Queiroz", U. S. P., Piracicaba, S. Paulo.

no ensaio anterior e introduzindo o salitre do Chile sódico para comparação.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

2.1. *Terra usada.* No Quadro 1 damos o resultado da análise da amostra de solo usada nos experimentos.

Característica	Valor	Interpretação
pH internacional	— 8,00	— alcalinidade média
Matéria orgânica	— 0,77 por cento	— teor baixo
Nitrogênio total	— 0,19 por cento	— teor médio
Fósforo “trocável”	— 0,36 me PO ₄ - - /100 g	— teor baixo
Potássio “trocável”	— 0,22 me K + /100 g	— teor baixo
Cálcio “trocável”	— 4,50 me Ca + + /100 g	— teor médio

Quadro 1

Análise sumária do solo usado

Os métodos analíticos usados foram os seguintes :

- a) pH : suspensão de solo 1:1, 18 horas de repouso;
- b) matéria orgânica : por uma ligeira modificação ao método de Walkley e Black (MALAVOLTA e COURY, 1954);
- c) nitrogênio total : método de Kjeldahl usando-se uma mistura de CuSO₄ e KHSO₄ como catalisador;
- d) fósforo “trocável” : por uma modificação à técnica de CATANI (1953) — 4 g de solo e 750 ml de H₂SO₄ 0,05 N são agitadas em aparelho de Wagner a 40-50 r.p.m. durante meia hora; completa-se a 1 l, agita-se e filtra-se; numa alíquota de 40 ml dosa-se o fósforo por fotocolorimetria com molibdato de amônio e cloreto estanhoso;
- e) potássio “trocável” : determinado pelo método de PAIVA NETTO et al. (1947);
- f) cálcio trocável : determinado pelo método de PAIVA NETTO et al. (1947).

2.2 *Adubos usados.* No Quadro 2 aparecem os teores de nitrogênio total (A.O.A.C., 1945) nos adubos usados no presente trabalho.

Adubo	N total %
Cálcio-cianamida	13,7
Farinha de chifre	15,7
Farinha de sangue	13,0
Salitre do Chile	15,5
Sulfato de amônio	20,0
Torta de algodão	7,2
Torta de amendoim	7,5
Torta de mamona	5,4
Uréia	46,2

Quadro 2

Nitrogênio total nos adubos usados

2.3. *Ensaio de nitrificação.* O ensaio de nitrificação foi conduzido de acôrdo com HAMENCE (1950) : 100 gramas de terra fina sêca ao ar foram postas em cápsulas de porcelana; a seguir misturou-se bem com o solo uma quantidade de adubo calculada para fornecer 7 miligramas de N. Depois, conhecendo-se a umidade do solo, juntou-se água destilada de modo que o teor subisse a 20%. As cápsulas foram então cobertas com vidro de relógio e deixadas em um porão ao abrigo de fortes mudanças na temperatura. Durante o transcorrer do ensaio a temperatura oscilou entre 26 e 29°C. Semanalmente tirava-se uma amostra na qual se determinava o teor de nitritos e nitratos : NO_2^- era dosado extraíndo-se o solo com ácido acético a 10% (contendo um pouco de zinco em pó) e a seguir tratando-se pelo reativo de Griess. Em outra alíquota do extrato determinávamos $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ depois de reduzir os últimos com uma mistura de zinco em pó com MnSO_4 .

2.4. *Ensaio em vasos.* No ensaio em vasos seguiu-se a técnica cultural preconizada por MITSCHERLICH (1930). Cada vaso recebeu 6 quilos de T. F. S. A., 5,7 g de superfosfato simples e 3,1 g de K₂SO₄ e uma dose de nitrogênio correspondente a 1,1 g de N. Tivemos então os seguintes tratamentos (Quadro 3).

Vaso	Tratamento
1,2	PK (testemunha)
3,4	PK + uréia
5,6	PK + farinha de sangue
7,8	PK + farinha de chifre
9,10	PK + torta de algodão
11,12	PK + sulfato de amônio
13,14	PK + torta de amendoim
15,16	PK + torta de mamona
17,18	PK + cálcio-cianamida
19,20	PK + salitre do Chile

Quadro 3

Tratamentos do ensaio em vasos

Os adubos foram bem misturados com a terra deixando-se 15 dias em incubação a 50% do poder de embebição. Tal precaução foi tomada para permitir que a cálcio-cianamida sofresse pelo menos em parte, as transformações conhecidas. Fez-se então a semeadura da aveia, deixando-se no desbaste 25 plantas por vaso. Nas regas diárias tinha-se sempre o cuidado de restituir a água percolada a qual evidentemente arrastava nitratos e outros sais solúveis. O presente ensaio foi conduzido em casa de vegetação ficando os vasos distribuídos ao acaso sôbre vagonetes. As plantas eram postas para fora somente pela manhã. A instalação deu-se em junho de 1954 e a colheita em dezembro do mesmo ano.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. *Ensaio de nitrificação.* Os resultados do ensaio de nitrificação se acham resumidos no Quadro 4.

O quadro 4 se refere ao número de miligramas de nitrogênio nítrico encontrado semanalmente deduzindo-se a quantidade encontrada no contróle; esta representa a contribuição do nitrogênio orgânico do solo à nitrificação.

	Miligramas de N nítrico/100 g solo				N nitrificado em %
	Semanas				
	1	2	3	4	N fornecido
Uréia	0	4,2	7,5	8,5	119,0
Farinha de sangue	0,04	3,8	3,3	4,7	65,8
Farinha de chifre	0	0,3	0,3	0,5	7,0
Torta de algodão	0,03	0,8	0,5	0,6	8,4
Sulfato de amônio	0,03	3,9	3,3	5,1	71,4
Torta de amendoim	0,04	2,4	3,7	4,1	57,4
Torta de mamona	0,04	0,9	1,3	2,1	29,4
Cálcio-cianamida	0,04	0,1	0,1	0,1	—

Quadro 4

Marcha da nitrificação no arenito de Baurú

Vê-se que na primeira semana em todos os tratamentos com exceção da farinha de chifre, a nitrificação foi menor que na testemunha. Sabe-se que a mineralização do nitrogênio orgânico só ocorre quando temos uma relação C/N menor que 17 (veja-se THOMPSON, 1952, p. 135); quando o numerador se torna maior que 17 dá-se a imobilização do N. Os dados obtidos após 7 dias de incubação se explicariam pois admitindo que se deu inicialmente uma ligeira imobilização devido ao consumo de N pelas bactérias nitrificantes. A seguir, a mineralização (= amonização + nitrificação) passou a se dar normalmente.

No que se refere ao efeito prejudicial da cálcio-cianamida sobre a nitrificação, os nossos dados concordam bem com os de FRAPS e STERGES (1947): a cálcio-cianamida, nas condições experimentais, não somente deixou de ser nitrificada como também reduziu a nitrificação da matéria orgânica do solo. Os

autores mencionados mostraram que a dicianodiamida, a guanidina e a guaniluréia — produtos das transformações da ciamida — são tóxicos aos microorganismos da nitrificação. Convém lembrar que o efeito tóxico da cálcio-cianamida varia de solo para solo, sendo maior nas terras pobres em argila e matéria orgânica — como a usada no presente trabalho.

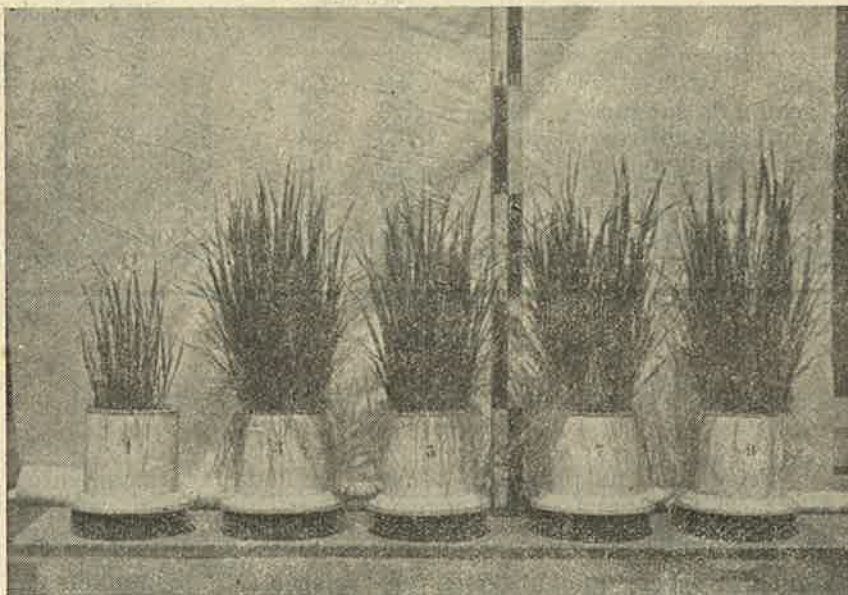


Figura 1 — Aspecto dos vasos aos 4 meses

1 = testemunha, 3 = uréia, 5 = farinha de sangue, 7 = farinha de chifre e 9 = torta de algodão

Quanto à rapidês da conversão da forma de N empregada, a nitratos, os adubos estudados se classificam na seguinte ordem decrescente: 1.o — uréia, 2.o — sulfato de amônio, 3.o — farinha de sangue, 4.o — torta de amendoim, 5.o — torta de mamona, 6.o — torta de algodão, 7.o — farinha de chifre. Considerando-se, como faz HAMENCE (1950) a nitrificação da fa-

rinha de sangue igual a 100, obtemos o Quadro 5 no qual, para comparação, damos também os resultados desse autor.

	Nitrificação	
	Nossos dados	HAMENCE (1950)
Farinha de sangue	100	100
Uréia	178	170
Sulfato de amônio	107	112
Torta de amendoim	86	—
Torta de mamona	44	—
Torta de algodão	12	40
Farinha de chifre	10	100

Quadro 5

Valores comparativos da nitrificação

E' interessante notar a grande semelhança dos nossos resultados referentes à uréia e ao sulfato de amônio com os de HAMENCE (1950). Isto mostra a reprodutibilidade do método usado. As discrepâncias dos dados referentes à torta de algodão e à farinha de chifre talvez se expliquem pelo grau de moagem diferente — no caso da primeira — e pelo tratamento e (ou) moagem da segunda.

A lentidão relativa com que as tortas de mamona e algodão e a farinha de chifre nitrificaram não é razão para se relegar tais adubos a plano inferior: em condições de campo isso pode se traduzir em vantagem uma vez que o perigo de arrastamento dos nitratos seria menor. No ensaio em vasos, referido a seguir, tem-se uma comprovação da nitrificação gradual dos adubos em questão.

3.2. Ensaio em vasos.

3.2.1. *Colheita.* No Quadro 6 damos os resultados do ensaio em vasos (vêr figuras).

Para a análise estatística, resumida no Quadro 7, só consideramos a produção de grãos.

Causa da variação	Gráus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	Teta
Tratamen.	9	587,60	65,28	8,07	8,67**
Resíduo	10	8,75	0,87	0,93	
Total	19	596,35			

Quadro 7

Análise da variância dos dados do ensaio em vasos

O valor de teta (BRIEGER, 1946) mostra que os resultados do ensaio são altamente significantes do ponto de vista estatístico.

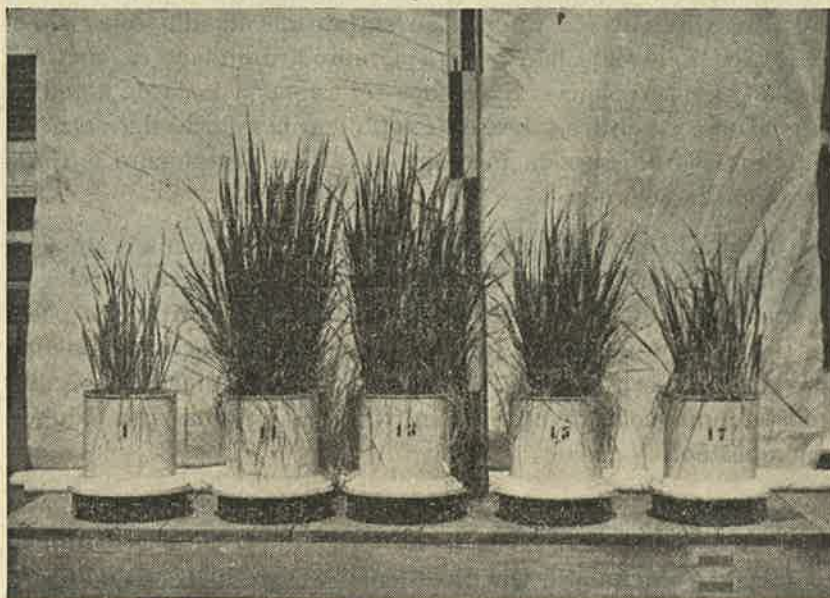


Figura 2 — Aspecto dos vasos aos 4 meses
 1 = testemunha, 11 = sulfato de amônio, 13 = torta de amendoim,
 15 = torta de mamona e 17 = cálcio-cianamida

Para apreciar as diferenças entre as médias usamos o teste de Tukey como ensina PIMENTEL GOMES (1954). Temos então

$$\Delta = q \frac{s}{\sqrt{r}}, \text{ onde}$$

Δ = diferença entre as médias significante a 5%.

Vaso	Tratamento	Colheita (gramas)		
		Grãos	Palha	Raízes
1	testemunha	1,9	25,0	4,3
2	testemunha	2,1	32,0	3,3
3	uréia	13,0	59,1	16,2
4	uréia	12,1	60,0	22,5
5	farinha de sangue	14,1	56,2	4,5
6	farinha de sangue	14,9	65,3	6,5
7	farinha de chifre	14,0	57,0	9,7
8	farinha de chifre	15,0	54,1	10,5
9	torta de algodão	8,0	59,9	10,6
10	torta de algodão	9,0	43,2	11,2
11	sulfato de amônio	10,5	80,0	9,9
12	sulfato de amônio	11,5	85,1	8,5
13	torta de amendoim	14,0	66,1	2,3
14	torta de amendoim	12,0	68,2	2,9
15	torta de mamona	8,0	70,0	4,3
16	torta de mamona	7,0	57,5	3,5
17	cálcio-cianamida	2,0	20,5	6,9
18	cálcio-cianamida	4,0	30,5	4,4
19	salitre do Chile	20,0	90,0	2,9
20	salitre do Chile	22,0	94,1	2,5

Quadro 6

Resultados do ensaio em vasos

q = valor encontrado na tabela para n = número de tratamentos e K = número de graus de liberdade do resíduo

s = êrro residual

r = número de repetições

No caso presente, ao nível de 5% de probabilidades temos:

$$\Delta = 5,60 \times \frac{0,93}{\sqrt{2}} = 3,64$$

Quer dizer, então, que tôdas as diferenças entre médias que forem maiores do que 3,64 serão significativas. No Quadro 8 temos as médias dos pesos de grãos para os diversos tratamentos.

Tratamento	Média (grama)
Testemunha	2,0
Cálcio-cianamida	3,0
Torta de mamona	7,5
Torta de algodão	8,5
Sulfato de amônio	11,0
Uréia	12,5
Torta de amendoim	13,0
Farinha de sangue	14,5
Farinha de chifre	14,5
Salitre do Chile	21,0

Quadro 8

Pêso dos grãos por vaso (média)

Vemos então que: 1) a produção do salitre do Chile foi superior a todos os outros tratamentos; 2) não há diferença significativa entre sulfato de amônio, uréia, torta de amendoim, farinha de sangue e farinha de chifre; 3) as tortas de algodão e de mamona produziram resultados equivalentes aos do sulfato de amônio; 4) a cálcio-cianamida não diferiu significativamente da testemunha, sendo inferior a todos os tratamentos.

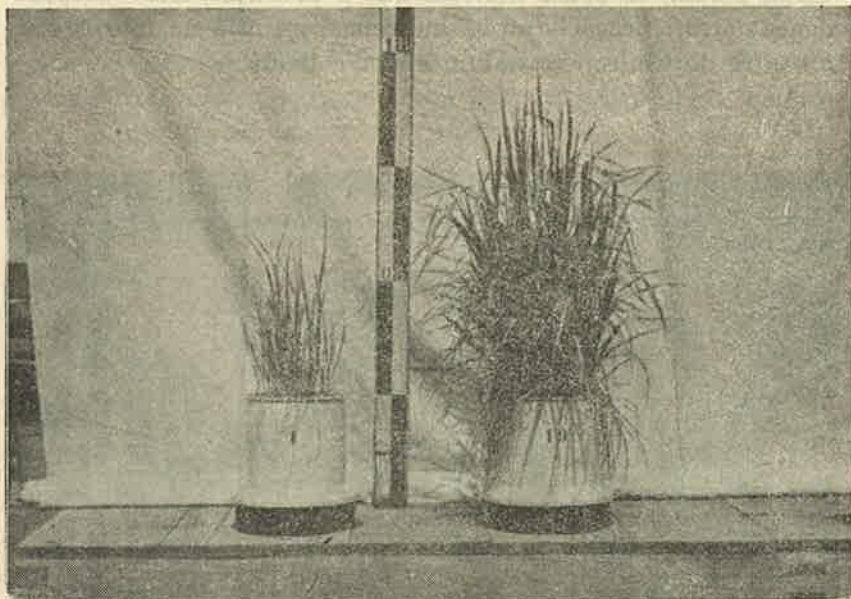


Figura 3 — Aspecto dos vasos aos 4 meses
1 = testemunha e 19 = salitre do Chile

Comparando-se os dados de produção (Quadro 8) com os de nitrificação (Quadro 4) vemos que existe alguma correlação entre êles, isto é, agrupando-se as produções obtidas que não diferem entre si significativamente, verificamos que os dados de nitrificação correspondentes são todos êles da mesma ordem de grandeza. A única exceção importante é a farinha de chifre que no laboratório nitrificou muito pouco e no entanto permitiu uma produção que foi inferior apenas à do salitre do Chile. O único modo de explicar tal resultado é, a nosso ver, admitir que formas orgânicas de nitrogênio libertadas pela farinha de chifre em decomposição foram aproveitadas pela aveia; ou, como alternativa: num prazo mais longo — como foi o do ensaio em vasos — a nitrificação dêsse adubo se acelerou

de tal modo permitindo os resultados observados. De um modo geral, porém, os dados indicam que a produção esteve dependente da nitrificação: prova indireta disso está no fato de ter o salitre do Chile permitido a maior colheita.

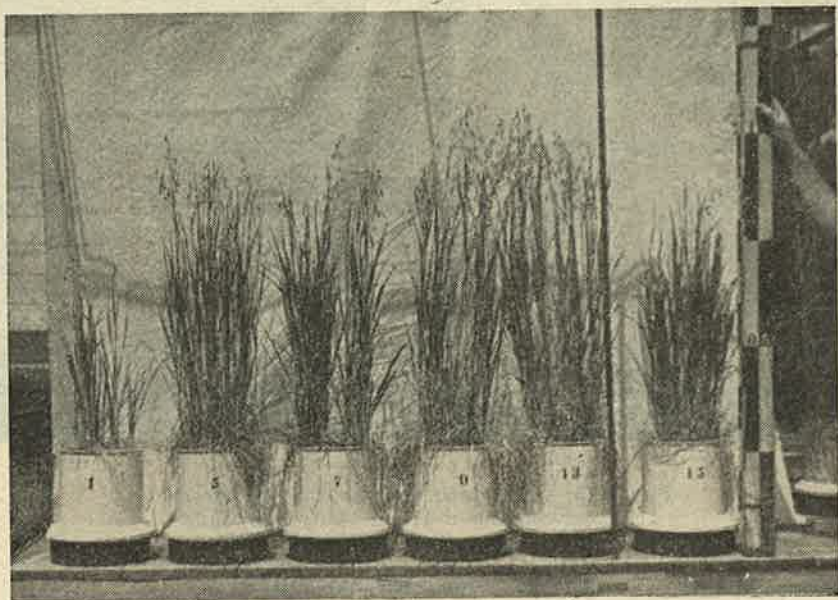


Figura 4 — Aspecto dos vasos aos 6 meses
1 = testemunha, 5 = farinha de sangue, 7 = farinha de chifre,
9 = torta de algodão, 13 = torta de amendoim e
15 = torta de mamona

Os dados do presente experimento devem, entretanto, ser encarados com cautela, sendo perigoso generalizá-los para as condições de campo. A lixiviação das formas solúveis de nitrogênio que fatalmente ocorre na prática principalmente nos solos do tipo estudado (ver KUPPER et al., 1953, citado por MALAVOLTA, 1954, p. 74) pode alterar bastante o panorama dos resultados. É claro, entretanto, que tais dificuldades ou perigos podem ser contornados: associação de diversas formas de ni-

trogênio; fracionamento do nitrogênio solúvel em função da época de aplicação, isto é, aplicação do nitrogênio solúvel em cobertura, pois este não necessita de nitrificação prévia para o seu aproveitamento. Só ensaios cuidadosos no campo dirão se formas lixiviáveis de N podem ou não ser substituídas por outras de nitrificação lenta e progressiva.

Vaso	Tratamento	Nitrogênio total (gramas)			N nitrificado em % N fornecido
		raízes	palhas	grãos	
1	testemunha	0,033	0,154	0,038	—
2	testemunha	0,024	0,181	0,041	—
3	uréia	0,170	0,345	0,321	64,2
4	uréia	0,191	0,324	0,353	61,8
5	far. sangue	0,039	0,282	0,284	44,7
6	far. sangue	0,047	0,292	0,266	44,7
7	far. chifre	0,065	0,288	0,272	46,4
8	far. chifre	0,091	0,243	0,277	54,2
9	tor. algodão	0,095	0,254	0,152	37,0
10	tor. algodão	0,089	0,219	0,166	35,0
11	sulfato amônio	0,153	0,339	0,191	50,5
12	sulfato amônio	0,147	0,398	0,228	57,2
13	tor. amendoim	0,018	0,540	0,297	63,2
14	tor. amendoim	0,025	0,449	0,247	53,3
15	tor. mamona	0,039	0,410	0,201	48,1
16	tor. mamona	0,031	0,397	0,197	46,2
17	cálcio-cianamida	0,243	0,296	0,062	44,4
18	cálcio-cianamida	0,230	0,306	0,081	45,8
19	salitre do Chile	0,025	0,517	0,432	72,0
20	salitre do Chile	0,024	0,508	0,428	71,0

Quadro 9

Quantidade de nitrogênio retirada pelas plantas

3.2.2. Quantidade de nitrogênio absorvida.

No material colhido no ensaio em vasos, raízes, palha e grãos, determinou-se o teor de nitrogênio total pelo método referido em 2. 2. Os resultados obtidos estão no Quadro 9. Damos aí a quantidade de nitrogênio existente nos diversos pesos de

material colhido. Podemos também ver lá a quantidade de N absorvida em % da porção fornecida através da adubação. O Quadro 9 nos mostra que uma porção considerável do nitrogênio incorporado foi absorvido pelas plantas. Temos assim uma indicação do grau de assimilabilidade dos diferentes adubos nitrogenados: o mais prontamente aproveitado foi o nitrogênio nítrico do salitre do Chile seguindo-se o N amídico da uréia e o orgânico da torta de amendoim; é claro que no caso das formas não nítricas a absorção deve ter se dado após transformação.

Um ponto interessante de mencionar é o da cálcio-cianamida: o Quadro 9 mostra uma grande acumulação de nitrogênio nas raízes e nas palhas enquanto o teor encontrado nos grãos é baixo. Isto parece indicar que a planta acumulou, no caso presente, o N numa forma dificilmente metabolizável a qual se depositou inutilmente nas células, não sendo quase nada usada no crescimento e na frutificação.

4 — RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho são discutidos os resultados de dois ensaios com adubos nitrogenados conduzidos numa amostra de solo do arenito de Baurú. No primeiro ensaio, estudou-se a nitrificação dos seguintes adubos: uréia, farinha de sangue, farinha de chifre, torta de algodão, sulfato de amônio, torta de amendoim, torta de mamona e cálcio-cianamida. A técnica usada foi a de HAMENCE (1950).

No segundo ensaio estudou-se a reação da aveia (*Avena sativa*) a esses adubos quando cultivada em vasos na casa de vegetação; foram feitas determinações de nitrogênio total nas raízes, palha e grãos para verificar quanto do N fornecido foi absorvido pela planta.

O trabalho permite tirar as seguintes conclusões:

4.1. Durante as 4 semanas, que foi o período de incubação usado, os adubos produziram, em porcentagem do N fornecido,

os seguintes valores: uréia — 119,0%; sulfato de amônio — 71,4%; farinha de sangue — 65,8%; torta de amendoim — 57,4%; torta de mamona — 29,4%; torta de algodão — 8,4%; farinha de chifre — 7,0%; a cálcio-cianamida reduziu a nitrificação do nitrogênio orgânico do solo, provavelmente devido à formação de compostos tóxicos como dicianodiamida, guanidina e guaniluréia. A uréia aparentemente estimula a nitrificação do nitrogênio do terreno, daí o alto índice encontrado.



Figura 5 — Aspecto dos vasos aos 4 meses
1 = testemunha, 11 = sulfato de amônio, 17 = cálcio-cianamida,
e 19 = salitre do Chile

4.2. No ensaio em vasos, seguiu-se a técnica cultural de MITSCHERLICH (1930). As produções médias (grãos) foram as seguintes: salitre do Chile — 21,0 gramas; farinha de chifre — 14,5 gramas; farinha de sangue 14,5 gramas; torta de a-

mendoim — 13,0; uréia — 12,5; sulfato de amônio — 11,0; torta de algodão — 8,5; torta de mamona — 7,5; cálcio-cianamida — 3,0; testemunha (PK) — 2,0 gramas. A análise das médias pelo teste de Tukey revelou que: 1) a produção do salitre do Chile foi superior a todos os tratamentos; 2) não há diferença significativa entre sulfato de amônio, uréia, torta de amendoim, farinha de sangue e farinha de chifre; 3) as tortas de algodão e de mamona produziram resultados equivalentes; 4) a cálcio-cianamida não diferiu significativamente da testemunha sendo inferior a todos os tratamentos.

4.3. Houve apenas uma baixa correlação entre nitrificação no laboratório e colheita de aveia. Isto leva a crer que êsse cereal provavelmente se aproveita de nitrogênio orgânico originado de alguns dos adubos usados, ou então que, para certos adubos, a nitrificação nos vasos foi mais intensa.

4.4. A análise química das plantas revelou um aproveitamento de 71,5% do nitrogênio adicionado — salitre do Chile — até 36,0% — torta de algodão. As plantas que receberam cálcio-cianamida apresentaram um teor elevado de N nas raízes e nas folhas, porém muito pouco nos frutos. Isto sugere que o nitrogênio se acha nas células em forma não metabolizável uma vez que o crescimento e a frutificação foram muito pequenas.

5 — SUMMARY

This paper relates the results of two experiments with nitrogenous fertilizers carried out in "arenito de Bauru" a sandy soil from state of S. Paulo, Brazil (S. Am.).

In the first experiment it was studied the nitrification of urea, dried blood, horn meal, cotten seed meal, ammonium sulfate, peanuts meal, castor pomace and calciumcyanamide; HARMENCE'S (1950) method was employed throughout.

In the second trial, oats (*Avena sativa*) were grown in the greenhouse, the pot technique of MITSCHERLICH (1930) being used. Chilean nitrate of soda was added as a control. After harvesting the plants, chemical determinations of total

nitrogen were run in the roots, straw and grains to ascertain the recovery of the fertilizer.

The following conclusions can be drawn :

5.1. During the four-week period of incubation, as percent of nitrogen applied, the results were as given below :

Urea	119.0
Ammonium sulfate	71.4
Dried blood	65.8
Peanuts meal	57.4
Castor pomace	29.4
Cottonseed meal	8.4
Horn meal	7.0

Calciumcyanamide severely depressed the nitrification of soil nitrogen probably due the formation of toxic compounds such as dicyandiamide, guanidine, and guanylurea. Urea has apparently increased the rate of mineralization of soil organic matter giving a very high value for the nitrification.

5.2 In the greenhouse experiment yields as grams of grains per pot were the following : Chilean nitrate of soda — 21.0 gm; horn meal — 14.5 gm; dried blood — 14.5 gm; peanuts meal — 13.0 gm; urea — 12.5 gm; ammonium sulfate — 11.0 gm; cotton seed meal — 8.5 gm; castor pomace — 7.5; calciumcyanamide — 2.0; control (PK) — 2.0 gm. Statistical comparison of the mean yields accordingly to Tukey's test revealed that : 1) Chilean nitrate of soda proved to be superior to all the treatments; 2) at the 5 per cent level of probability there is no significant difference among ammonium sulfate, urea, peanuts meal, dried blood and horn meal; 3) cottonseed meal and castor pomace gave practically the same results; 4) calciumcyanamide did not significantly differ from the control being inferior to all the other treatments.

5.3. There is a rather poor correlation between rate of nitrification of a given fertilizer and the yield obtained. This might indicate that oats are able to a certain extent to absorb

soluble organic nitrogen derived from the breakdown of the fertilizer. As an alternative explanation one may suggest that nitrification in the pots was more intense than in laboratory conditions; this would especially be true for horn meal.

5.4. Plant analysis for nitrogen revealed in the case of Chilean nitrate of soda a recovery of 71.5 per cent; the lowest value was registered in the cottonseed treatment which showed an average availability of 36.0 per cent. It is worth mentioning that plants which were given calciumcyanamide had a very high nitrogen content in the roots and in the foliage whereas the opposite was noted in the grains. Since such plants made a very poor growth and produced little grain we can assume that nitrogenous compounds not suitable for the metabolism were present in such plants.

6 — AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao eng.-agr.o Fernando P. Cardoso a sugestão do presente experimento e parte dos meios para realizá-lo.

O nosso obrigado aos srs. Vinicius Ferraz e Armando Porta pela ajuda prestada durante a realização dos ensaios.

7 — LITERATURA CITADA

A. O. A. C. 1945 — Official and tentative methods of analysis, sixth ed., Washington, 4, D. C.

BRIEGER, F. G. 1946 — Limites unilaterais e bilaterais na análise estatística. *Bragantia* 6 (10): 479-545.

CATANI, R. A. 1953 — Comunicação particular.

FRAPS, G. S. and A. J. STERGES. 1947 — Nitrification capacities of Texas soil types and factors which affect nitrification. *Texas Agr. Exp. Sta. Bull.* 693: 1-60.

- HAMENCE, J. H. 1950 — A method for the determination of the relative availability of nitrogen in nitrogenous fertilizers. *Jour. Sci. Food and Agric.* 193: 92-96.
- KUPPER, A., F. GROHMAN e H. GARGANTINI. 1953 — Inst. Agronômica do Est. de S. Paulo (Campinas). *Bol.* 34 (original não consultado).
- MALAVOLTA, E. 1954 — Elementos de Química Agrícola, Gráfica Lynotype, São Paulo.
- MALAVOLTA, E. e T. COURY. 1954 — Prática de Química Agrícola. E. S. A. "Luiz de Queiroz" (Piracicaba). Mimeografado.
- MITSCHERLICH, E. A. 1930 — Die Bestimmung des Düngebedürfnisses des Bodens, Dritte Auflage, Paul Parey, Berlin.
- PAIVA NETTO, J. E., R. A. CATANI, M. S. QUEIROZ e KUPPER. 1950 — Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Estado de S. Paulo. *An. 1.º Reu. Bras. Ciência do Solo* (Rio de Janeiro): 79-109.
- PIMENTEL GOMES, F. 1954 — A comparação entre médias de tratamentos na análise da variância. *An. E. S. A. "Luiz de Queiroz", U. S. P.* (Piracicaba) 11: 1-12.
- THOMPSON, L. M. 1952 — Soils and soil fertility, First Ed., Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York.
- VERDADE, F. C. 1951 — Estudo da variabilidade dos nitratos num solo tipo terra roxa misturada. *Bragantia* 11 (10-12): 269-276.