

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRÔNOMICO

Vol. 13

Campinas, maio de 1954

N.º 8

DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO EM DIVERSOS FERTILIZANTES NITROGENADOS (*)

R. A. CATANI, J. ROMANO GALLO e H. GARGANTINI, *engenheiros agrônomos, Seção de Agrogeologia, Instituto Agrônomo de Campinas.*

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados preliminares obtidos com a aplicação de diferentes fertilizantes nitrogenados, a fim de se determinar a forma de nitrogênio preferida pelo arroz durante os dois primeiros meses do ciclo vegetativo.

Para isso instalou-se uma experiência em vasos contendo terra-roxa misturada e empregando-se os seguintes materiais nitrogenados: salitre do Chile, sulfato de amônio, calciocianamida, uréia, torta de algodão, farinha de chifre e casco, e solução de amoníaco.

Os resultados apontaram a uréia como o fertilizante que propiciou maior produção de matéria seca. Seguiram-se-lhe o sulfato de amônio, solução de amoníaco, farinha de chifre e casco, calciocianamida, torta de algodão e, finalmente, o salitre.

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O efeito dos fertilizantes nitrogenados no acréscimo da produção das plantas cultivadas tem determinado, em um grande número de países, um consumo considerável e crescente desses produtos. Entretanto, em nosso meio (Estado de São Paulo), a experimentação de campo, de modo geral, tem revelado resultados agrônômicos tão pouco encorajadores com o uso de fertilizantes nitrogenados que o seu consumo está muito abaixo de nossas necessidades reais.

Enquanto que, de um lado, os resultados experimentais têm evidenciado um efeito pouco compensador dos fertilizantes cujo nitrogênio está na forma nítrica ou amoniacal, de outro lado têm acusado resultados agrônômicos satisfatórios, com o uso de materiais cujo nitrogênio está na forma protéica, como as tortas de sementes oleaginosas e outros resíduos orgânicos vegetais e animais.

Tais resultados poderiam ser explicados tomando-se como base a solubilidade em água, a falta de retenção no solo e conseqüente lavagem dos fertilizantes que encerram nitrogênio nítrico e amoniacal, de maneira a não

(*) Trabalho apresentado à IV Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada em Belo Horizonte, de 6 a 18 de julho de 1953.
Recebido para publicação em 19 de janeiro de 1954.

permanecerem ao alcance das plantas. No caso dos materiais que encerram nitrogênio protéico é preciso admitir-se que ocorram transformações pela ação de bactérias (amonificação e nitrificação) relativamente rápidas e contínuas, a fim de que as plantas tenham um suprimento suficiente de nitrogênio durante todo o período de crescimento e frutificação.

Entretanto, as explicações que foram apresentadas nem sempre satisfazem a tôdas as situações e resultados obtidos. São muitos os fatores que afetam ou determinam o efeito que um fertilizante nitrogenado pode causar. Assim, os vegetais não só podem ter preferência por uma determinada forma de nitrogênio (nitríco ou amoniacal) como também a quantidade absorvida varia com a idade da planta. O arroz, nos primeiros períodos de vida, tem preferência pelo nitrogênio amoniacal, enquanto que a cana de açúcar prefere o nitrogênio nitríco e o milho e algodão podem usar as duas formas, apesar desta última cultura, de início, absorver mais nitrogênio amoniacal que nitríco (3). Quanto à influência da idade da planta na absorção do nitrogênio, um grande número de culturas como milho, algodão, batata, etc., retira a maior parte desse elemento nos últimos estágios do ciclo. Este fato deve ser encarado em face das características do solo, do clima e do fertilizante, e da maneira de aplicá-lo, porque a permanência de um fertilizante no solo, durante o período que a planta mais necessita dele, vai depender dos fatores citados.

Ainda devem ser mencionados, como fatores que podem afetar o efeito dos fertilizantes nitrogenados sobre as culturas, a influência dos mesmos sobre o pH do solo e a existência de outros elementos, além do nitrogênio, de importância na nutrição vegetal. Como exemplos podem ser mencionados o efeito acidificante do sulfato de amônio, o efeito alcalinizante da calciocianamida e a existência de enxôfre no primeiro, e cálcio na segunda.

Em virtude dos fatos apontados e de outros, isto é, como o efeito dos fertilizantes nitrogenados depende da natureza da cultura, das condições de clima, das características do solo e das características do próprio material fertilizante, o assunto torna-se complexo e exige estudos que levem em conta os fatores descritos.

O objetivo do presente trabalho foi estudar em caráter preliminar alguns aspectos do problema dos fertilizantes nitrogenados, isto é, estudou-se o efeito comparativo de diversos tipos desses materiais (salitre do Chile, sulfato de amônio, cianamida de cálcio, uréia, farelo de torta de algodão, farinha de chifre e casco, e amoníaco em solução) em vasos e empregando o arroz como planta. Além do efeito comparativo dos diversos tipos de fertilizantes nitrogenados, procurou-se observar, ainda, a preferência que o arroz manifesta pela forma amoniacal, a toxidez da calciocianamida e a rapidez das transformações bioquímicas do nitrogênio protéico (torta de algodão e farinha de chifre e casco).

2 - MATERIAL E MÉTODO

O ensaio foi conduzido em vasos de Mitscherlich esmaltados, com capacidade para 6 kg de terra e conforme a técnica recomendada (4).¹ Dezoito

vasos foram cheios, cada um com uma mistura de 3 kg de terra-roxa misturada, passada em peneira de 2 mm, e 3 kg de areia lavada, passada em peneira de 4 mm. Os dados analíticos do solo empregado foram os seguintes :

pH internacional	5,20
Carbono (C)	1,50%
Nitrogênio (N)	0,115%
PO ₄ ⁻⁻⁻ (1)	0,075 e.mg por 100 g de solo
K ⁺ trocável	0,095 e.mg por 100 g de solo
Ca ⁺⁺ trocável	2,16 e.mg por 100 g de solo
Mg ⁺⁺ trocável	0,42 e.mg por 100 g de solo

O ensaio constou de 9 tratamentos com duas repetições e os tratamentos empregados foram : 1 — testemunha geral ; 2 — PK, sem N ; 3 — PK + salitre do Chile ; 4 — PK + sulfato de amônio ; 5 — PK + calciocianamida ; 6 — PK + uréia ; 7 — PK + torta de algodão ; 8 — PK + farinha de chifre e casco ; 9 — PK + amoníaco em solução. Os tratamentos incluem as formas mais importantes dos fertilizantes nitrogenados, como nitrogênio nítrico, amoniacal, cianamídico (calciocianamida), amídico (uréia), protéico vegetal (torta de algodão) e protéico animal (farinha de chifre e casco). Os materiais fertilizantes foram empregados tal como se apresentam no comércio, com exceção da torta de algodão e da farinha de chifre e casco, que foram moídas e passadas na peneira 70 da U.S.B.S. (0,210 mm de abertura de malha). A quantidade de nitrogênio aplicada foi 1 g de N na forma dos citados fertilizantes. Todos os vasos, com exceção dos da testemunha geral, receberam 2,2 g de P₂O₅ na forma de solução de . . . CaH₄(PO₄)₂.H₂O, 3,0 g de K₂O na forma de solução de K₂SO₄ e 40 mg de MgO na forma de solução de MgSO₄.7H₂O. A solução de amoníaco (tratamento 9) foi aplicada cinco vêzes, sendo a 1.^a aplicação na instalação da experiência, em 3 de março de 1953, data da semeadura ; a 2.^a, em 25 de março ; a 3.^a, em 6 de abril ; a 4.^a, em 12 de abril e a 5.^a aplicação, finalmente, em 15 de abril, completando-se, assim, 1 g de nitrogênio na forma de NH₄OH. Para evitar alcalinização momentânea excessiva, empregou-se uma solução 0,14 normal de amoníaco, isto é, uma solução diluída. A solução nutritiva contendo fosfato monocálcico, sulfato de potássio e sulfato de magnésio foi adicionada aos vasos, depois de colocados mais ou menos 2 kg da mistura terra + areia. Depois de adicionados mais outros 2 kg de terra + areia, os adubos nitrogenados sólidos foram acrescentados e, por último, juntou-se o que faltava para completar 6 kg de terra + areia. No caso da solução de amoníaco, colocou-se antes o amoníaco e depois a solução nutritiva, procurando-se, assim, evitar a formação de fosfato tricálcico.

A variedade de arroz Dourado-agulha (*Oryza sativa* L.) foi utilizada neste estudo e o controle de água foi conduzido segundo a técnica de Mitscherlich. Empregou-se o arroz porque esta planta, além de ser resistente

(1) PO₄⁻⁻⁻ fracamente adsorvido, extraído com solução de NH₄F 0,025 N e H₂SO₄ 0,05 N.

a moléstias causadas por fungos, desenvolve-se melhor que o centeio em nossas condições, e apresenta porte erecto.

Em cada vaso semearam-se 50 sementes tratadas com Uspulum sólido a 1% e após a sementeação os vasos foram cobertos com uma placa de vidro. Em 7 de março, as sementes germinaram e em 13 do mesmo mês foi feito o desbaste, deixando-se 35 plantas por vaso. Um mês após a germinação foi feita uma avaliação do efeito produzido pelos diferentes tratamentos, sendo as observações comprovadas por fotografias. Aos dois meses, em 6 de maio, foram feitas novas observações, também comprovadas por fotografias, e as plantas foram colhidas. O material de cada vaso foi cortado rente ao solo, sêco em estufa a 70° C e pesado. Dêste modo, além de observar o desenvolvimento vegetativo, que é um dado de natureza qualitativa, obteve-se o pêso do material sêco proveniente de cada tratamento, o que permite uma comparação sob o ponto de vista quantitativo.

3 - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

As observações relativas à influência dos diferentes tratamentos foram iniciadas com a germinação e só terminaram com a colheita do material, que foi executada 2 meses após o plantio. Entretanto, a fim de tornar mais sucinto o presente trabalho, serão apresentadas as observações mais importantes depois de 1 mês e 2 meses de germinação e o pêso do material sêco, referente à parte aérea (fôlhas e colmos). Assim, as fotografias que constam da figura 1 mostram o desenvolvimento das plantas submetidas aos diferentes tratamentos, um mês após a germinação. A observação mais frizante e geral que as fotografias da figura 1 sugerem é o efeito positivo do nitrogênio, em qualquer forma, no crescimento das plantas. É interessante observar que, um mês após a germinação, os fertilizantes com nitrogênio protéico (farelo de torta de algodão e farinha de chifre e casco) já se tenham transformado numa forma disponível às plantas, conforme atestam as fotografias da figura 1. As fotografias da figura 2 ilustram o desenvolvimento das plantas dois meses após a germinação. Pode-se comparar o crescimento determinado pelos diferentes fertilizantes nitrogenados através das mesmas. Entretanto, uma comparação mais segura é feita com os dados do quadro 1, onde estão apresentados os tratamentos e o pêso médio de material sêco obtidos em cada tratamento, dois meses após a germinação.

QUADRO 1.—Produções médias de material sêco (1) dos diferentes tratamentos em ensaio de arroz em vasos

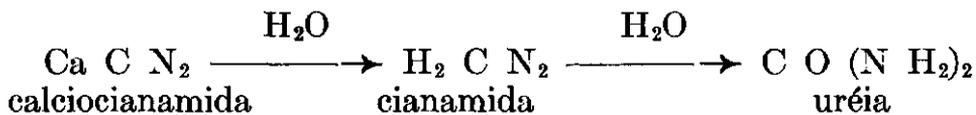
Tratamentos	Material sêco pêso médio em g
1 -- Testemunha geral	4,5
2 -- PK, sem N	7,0
3 -- PK + salitre do Chile	21,5
4 -- PK + sulfato de amônio	52,5
5 -- PK + calciocianamida	27,0
6 -- PK + uréia	62,0
7 -- PK + torta de algodão	23,5
8 -- PK + f. de chifre e casco	28,0
9 -- PK + solução de amoníaco	37,5

(1) Correspondente à parte aérea vegetal (colmos e fôlhas).

Examinando os dados obtidos vê-se que a uréia foi o fertilizante que forneceu maior produção de material sêco. Seguiram-se-lhe o sulfato de amônio, solução de amoníaco, farinha de chifre e casco, calciocianamida, torta de algodão e, finalmente, o salitre do Chile. Considerando-se o peso de material sêco do tratamento *PK, sem N* igual a 100, os acréscimos de produção sôbre êsse tratamento atribuídos à ação do N seriam, para os diversos fertilizantes nitrogenados, os seguintes: uréia, 786; sulfato de amônio, 650; solução de amoníaco, 437; farinha de chifre e casco, 300; calciocianamida, 286; torta de algodão, 236; salitre do Chile, 207. O acréscimo percentual de produção de material sêco do tratamento *PK, sem N* sôbre a *testemunha geral* foi de apenas 55,5%, o que denota a influência marcante do nitrogênio no desenvolvimento vegetativo das plantas.

Como se observa pelas produções de material sêco, a forma nítrica foi menos efetiva que a amoniacal na nutrição do arroz. Durante tôda a experiência e principalmente nos primeiros estágios de crescimento, o tratamento que recebeu salitre mostrou-se sempre menos vigoroso e com tonalidade pálida. Êste fato já apontado e verificado por outros autores (3, 5) vem confirmar que o arroz apresenta dificuldade na absorção do nitrogênio nítrico e se desenvolve convenientemente à custa do nitrogênio na forma amoniacal. O sulfato de amônio e a solução de amoníaco determinaram um crescimento vigoroso e uma produção elevada de material sêco, o que comprova a eficácia da forma amoniacal.

A calciocianamida teve efeito tóxico afetando a germinação e, inicialmente, o crescimento das plantas. Depois, êste efeito se atenuou, as plantas ganharam bom desenvolvimento, mas os bordos e ápices das fôlhas (zonas de crescimento mais intenso) apresentaram-se sêcos, como se fôsem queimados. As transformações que a cianamida de cálcio sofre em solo ácido podem ser esquematizadas da seguinte maneira (1,2):



A calciocianamida transforma-se em cianamida, H_2CN_2 , que em parte evolui para uréia. Formam-se também alguns produtos intermediários como $\text{Ca}(\text{HCN})_2$ e $(\text{CaOH})_2\text{CN}_2$. Entretanto, são compostos que se formam e se decompõem rapidamente. Como o produto fitotóxico é a cianamida, H_2CN_2 , a duração do efeito tóxico da calciocianamida no solo vai depender da velocidade que a forma final (uréia) é atingida. Pelas observações efetuadas no presente ensaio e pelos dados obtidos, verifica-se que a velocidade de transformação da calciocianamida em uréia é relativamente rápida. Indicam ainda as citadas observações que a aplicação daquele fertilizante nitrogenado deverá ser feita com antecedência, em relação ao plantio, e que o contacto com as sementes deve ser evitado.

A uréia, como já foi dito, revelou-se o material mais eficiente. No solo, a forma amídica, por hidrólise, converte-se rapidamente em sais amoniais e êstes, em seguida, em nitratos:

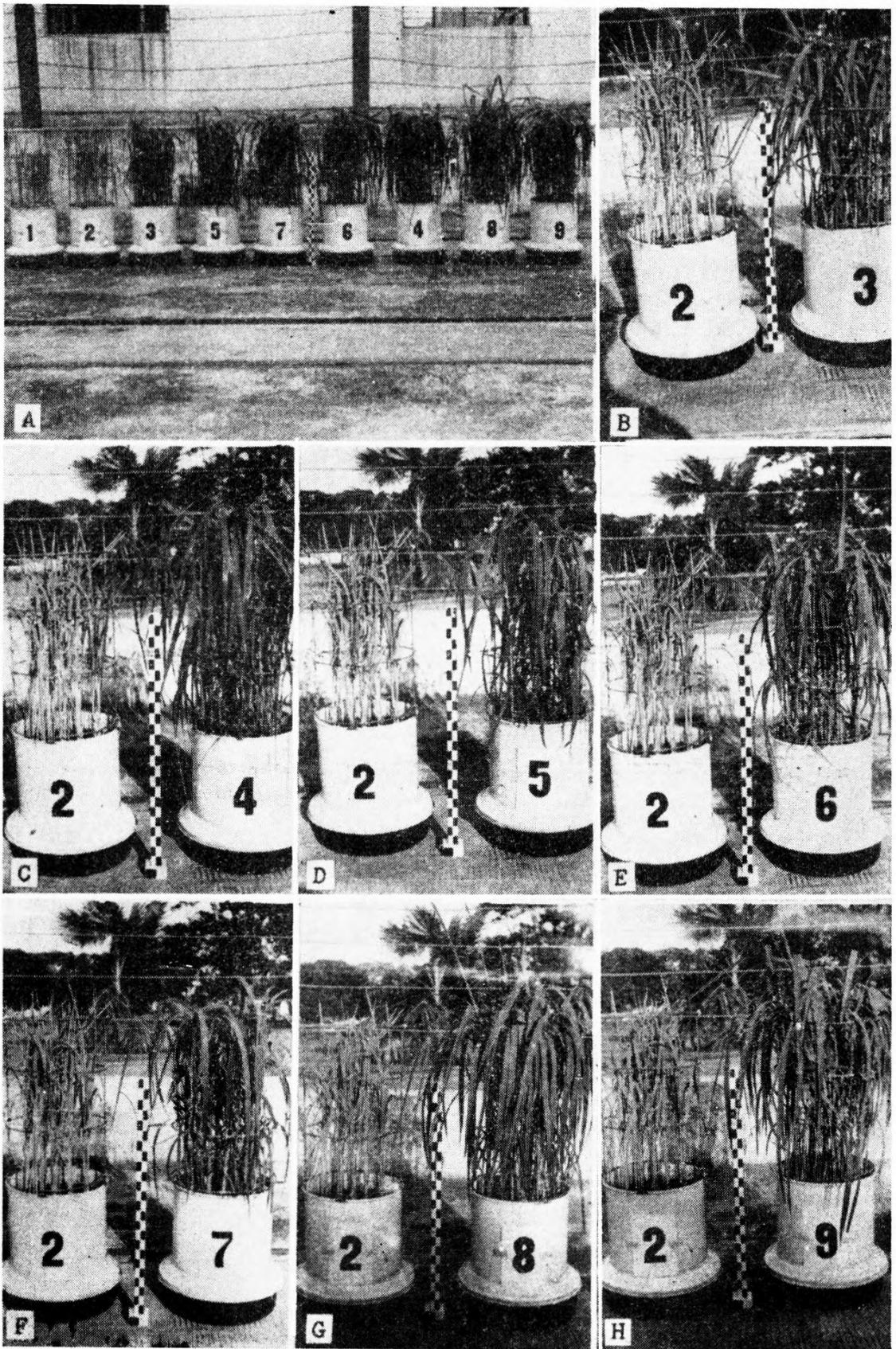


FIGURA 1. — Fotografias tiradas um mês após a germinação. A — Conjunto dos tratamentos: 1) testemunha geral; 2) PK, sem N; 3) PK + salitre do Chile; 4) PK + sulfato de amônio; 5) PK + calciocianamida; 6) PK + uréia; 7) PK + torta de algodão; 8) PK + f. de chifre e caseo; 9) PK + solução de amoníaco. B, C, D, E, F, G e H — Comparação entre os tratamentos PK, sem N, e PK, com N, em diversas formas, conforme descrição anterior.

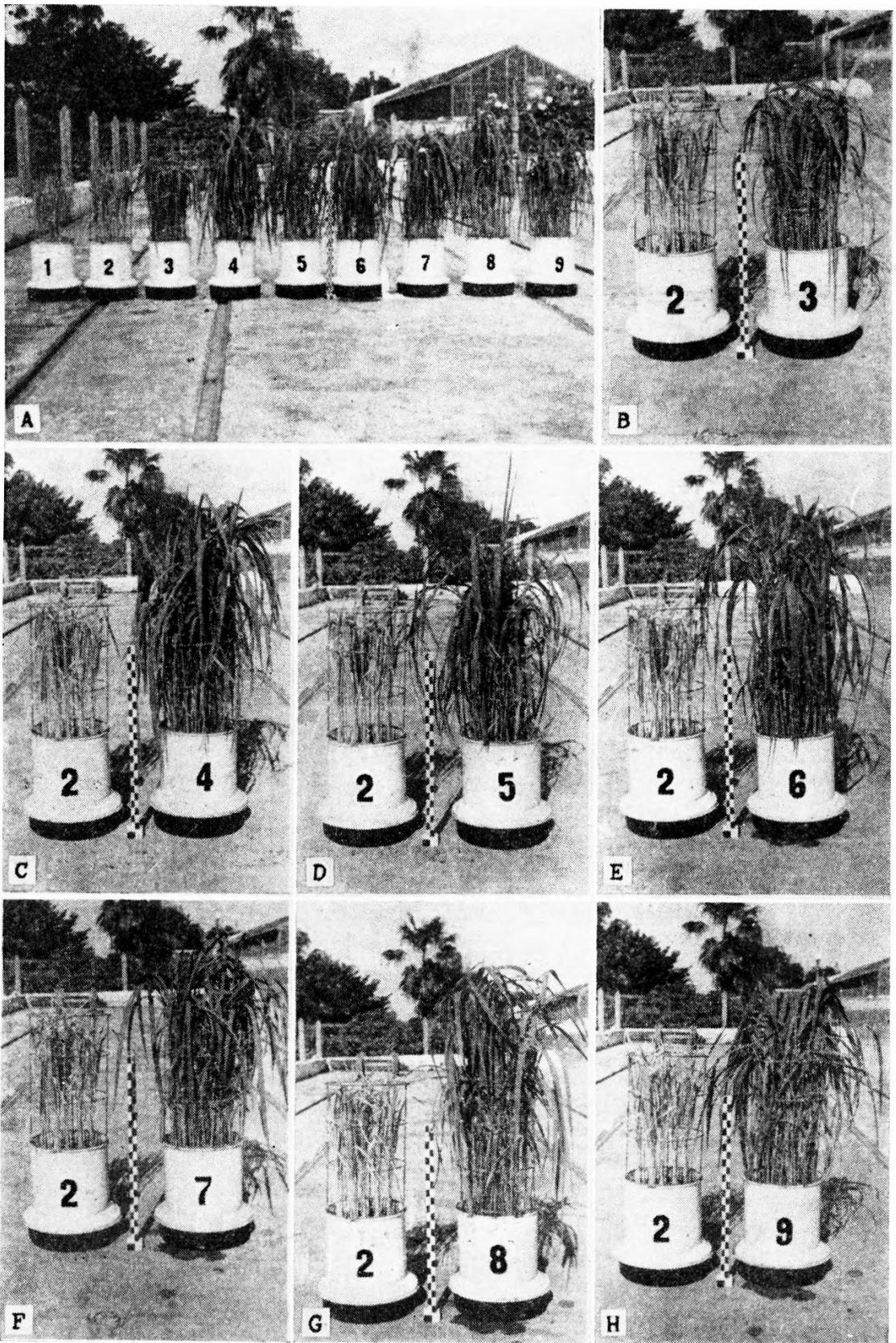
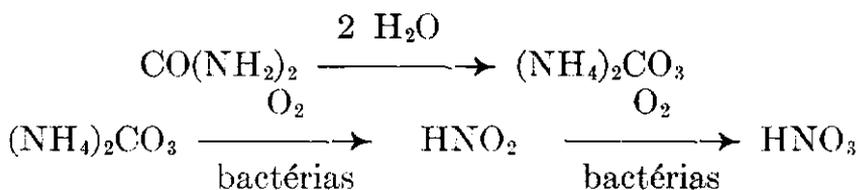


FIGURA 2. — Fotografias tiradas dois meses após a germinação. A — Conjunto dos tratamentos; 1) testemunha geral; 2) PK, sem N; 3) PK + salitre do Chile; 4) PK + sulfato de amônio; 5) PK + calciocianamida; 6) PK + uréia; 7) PK + torta de algodão; 8) PK + f. de chifre e casco; 9) PK + solução de amoníaco. B, C, D, E, F, G e H — Comparação entre os tratamentos PK, sem N, e PK, com N, em diversas formas, conforme descrição anterior.



É um produto que se transforma facilmente, justificando-se assim sua alta disponibilidade às plantas.

Quanto aos fertilizantes contendo nitrogênio na forma protéica, a farinha de chifre e casco forneceu melhores resultados que a torta de algodão. Se fôr considerado o curto espaço de tempo em que se desenvolveu a experiência, os resultados demonstraram claramente que os fertilizantes que encerram nitrogênio na forma protéica sofrem, em nossas condições, transformações bioquímicas (amonificação e nitrificação) muito rápidas, tornando-se o seu nitrogênio facilmente disponível às plantas.

4 - CONCLUSÕES

a) Todos os tratamentos que receberam nitrogênio, indistintamente quanto à forma do fertilizante empregado, permitiram um maior desenvolvimento das plantas, quando comparados ao tratamento que continha só fósforo e potássio. Este fato vem comprovar a importância do nitrogênio no crescimento vegetal e o seu efeito benéfico sobre as plantas, uma vez que fique ao alcance das mesmas.

b) O fertilizante que determinou o maior acréscimo de produção da parte aérea (colmos e folhas) foi a uréia, vindo em seguida, em ordem decrescente: sulfato de amônio, amoníaco em solução, farinha de chifre e casco, calciocianamida, farelo de torta de algodão e salitre do Chile.

c) A menor eficiência do nitrogênio na forma nítrica (salitre do Chile), em relação à amoniacal e às outras formas de nitrogênio, é justificada pela dificuldade que tem o arroz nos primeiros estágios de crescimento em se desenvolver em meios que encerram apenas nitrogênio nítrico.

d) A calciocianamida apresentou efeito tóxico, afetando a germinação e mesmo o crescimento das plantas no início do desenvolvimento. Passadas as primeiras duas semanas as plantas começaram a reagir e cresceram, mas os bordos e os ápices das folhas mostraram sintomas de "queima", até o fim da experiência.

e) A eficiência dos fertilizantes cujo nitrogênio está na forma protéica, tais como farinha de chifre e casco e farelo de torta de algodão, foi observada relativamente cedo, isto é, um mês após a germinação as plantas que receberam nitrogênio naquela forma apresentavam um desenvolvimento considerável. Os seus efeitos no acréscimo da produção foram também satisfatórios, se fôr considerado o curto espaço de tempo da experiência (2 meses).

NITROGEN AVAILABILITY IN SEVERAL NITROGENOUS FERTILIZERS

SUMMARY

This paper presents the results from a study of the influence of several nitrogenous fertilizers on rice (*Oryza sativa* L.). The experiment was performed according to Mits-

cherlich pot technique, and each treatment was replicated twice. The treatments tried and the total weight of the rice plants per pot, two months after germination, are given below :

Treatment	Total weight (dry matter) of rice plant per pot (grams)
1. Check -----	4.5
2. PK without N. -----	27.0
3. PK + N (Sodium nitrate from Chile) -----	21.5
4. PK + N (Amonium sulfate) -----	52.5
5. PK + N (Calcium cyanamide) -----	27.0
6. PK + N (Urea) -----	62.0
7. PK + N (Cotton seed meal) -----	23.5
8. PK + N (Hoof and horn meal) -----	28.0
9. PK + N (Amonia solution) -----	37.5

Treatment N.º 1 did not receive any fertilizer. Treatment N.º 2 received 2.2 g of P_2O_5 in the form of $CaH_4(PO_4)_2$ and 3.0 g of K_2O in the form of K_2SO_4 , per pot, both in solution. Treatments Nos. 3, 4, 5, 6, 7, 8, and 9 received the same amount of phosphorus and potassium as N.º 2, and the amount of the respective nitrogenous fertilizer corresponding to 1.0 g of nitrogen per pot.

The weight of the rice plants (leaves and stems) obtained for the different treatments indicated that urea was the most efficient source of nitrogen under the conditions of the experiment. After urea followed ammonium sulfate, ammonia in solution, hoof and horn meal, calcium cyanamide, cotton seed meal, and sodium nitrate from Chile.

Calcium cyanamide impaired germination, and caused burning injury to the leaves that still was present two months after germination. The results obtained with hoof and horn meal, and cotton seed meal indicated that the nitrogen from these fertilizers becomes available in the soil rather rapidly.

A comparison of the growth made by rice plants that were submitted to the different treatments is shown in figures 1 and 2, taken one and two months after germination. The numbers on the pots correspond to the treatment numbers as described above.

LITERATURA CITADA

1. COOLINGS, G. H. Commercial fertilizers. 4.ª edição. Philadelphia, Blakiston, 1947. xi, 522 p.
2. SMOCK, R. M. Some physiological studies with calcium cyanamide and certain of its decomposition products. Wooster, Ohio agr. Exp. Sta., 1953. 46 p. (Bulletin N.º 555)
3. TISDALE, S. L., NELSON, W. L., WELCH, C. D. [e outros]. Sources of nitrogen in crop production. Raleigh, N. C. agr. Exp. Sta., 1952. 63 p. (Technical Bulletin N.º 96)
4. VANDECAVEYE, S. C. Biological methods of determining nutrients in soil. In Kitchen, H. B., ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, American potash institute, 1948. p. 199-230.
5. WYCHE, R. H. & CHEANEY, R. L. Yields of rice as affected by different nitrogenous fertilizers, lime and phosphoric acid. Beaumont, Texas agr. Exp. Sta., 1951 2fl. (Progress report N.º 1347)