

ADUBAÇÃO QUÍMICA DO ARROZ NO NORDESTE¹

DIÓGENES DE MORAIS VASCONCELOS² e LÊUCIO MARQUES DE ALMEIDA³

Sumário

Os autores focalizaram os resultados de 14 experimentos fatorais de adubação (NPK - 3×3×3) de arroz, realizados em solos aluviais do litoral nordestino.

Excetuando o experimento n.º 39/59, instalado no vale Pium, Rio Grande do Norte, onde foi positivada a carência de fósforo (P₂O₅), os demais evidenciaram apenas necessidade de nitrogênio e nenhuma reação à aplicação de fósforo e de potássio. A equação de Mitscherlich, para nitrogênio, na análise em conjunto dos 13 experimentos, foi a seguinte:

$$y = 2,4282 [1 - 10^{-0,8817(x + 0,4333)}]$$

O coeficiente de eficácia seria c=0,88

O nível ótimo econômico para nitrogênio foi em torno de 124 kg/ha de N.

INTRODUÇÃO

Paralelamente ao incentivo da rizicultura na faixa costeira do Nordeste do Brasil, onde a precipitação pluviométrica é mais abundante e a temperatura do ar é constantemente elevada, vêm sendo estudados diversos problemas da cultura (Vasconcelos & Almeida 1961), inclusive os de fertilidades.

Os resultados obtidos em 14 experimentos, levados a efeito nos últimos anos, aqui discutidos, levaram-nos a concluir que o emprego de fertilizantes parece ser indispensável à elevação dos seus rendimentos agrícolas.

O prosseguimento destes estudos, abrangendo no futuro maior área geográfica, permitirá obter esclarecimentos mais amplos e mais preciosos.

MATERIAL E MÉTODOS

Fertilizantes

Todos os experimentos consistiram de fatoriais N-P-K, em 3 níveis: 0, 60 e 120 kg/ha de cada elemento.

Foram usados o sulfato de amônio com 20% de N, o superfosfato simples com 20% de P₂O₅ e o cloreto de potássio com 60% de K₂O.

¹ Trabalho apresentado na IX Reunião Brasileira de Ciência do Solo, realizada em Fortaleza, em julho de 1963. Foi recebido para publicação em 20 de janeiro de 1966 e constitui o Boletim Técnico n.º 4 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste (IPEANE).

² Eng.º Agrônomo, Chefe da Seção de Fitotecnia do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste (IPEANE), Recife, Pernambuco.

³ Eng.º Agrônomo, Chefe da Seção de Estatística Experimental do IPEANE.

A aplicação dos fertilizantes obedeceu sempre ao seguinte critério: o superfosfato foi totalmente aplicado no momento do plantio; o sulfato de amônio e o cloreto de potássio foram ambos aplicados em cobertura, em duas doses equivalentes à metade da dose total respectiva, sendo a primeira 30 dias após o plantio e a segunda 60 dias.

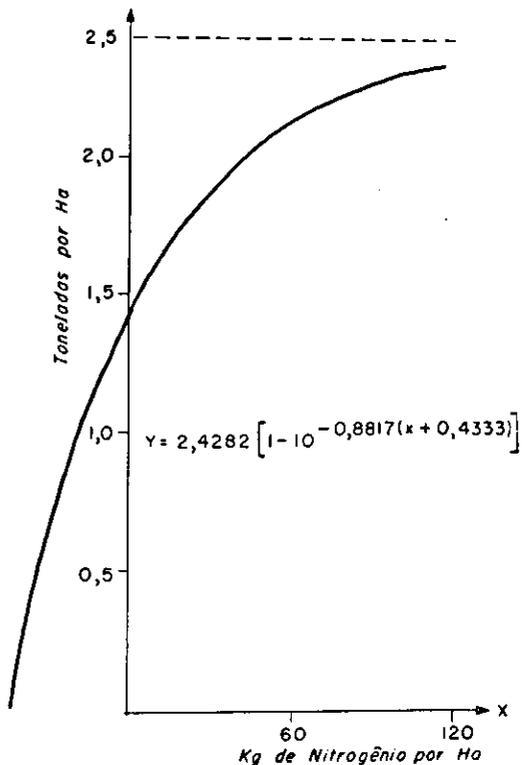


FIG. 1. Adubação com nitrogênio na cultura do arroz em Pernambuco

Operações culturais

A área de cada experimento foi devidamente lavrada e gradeada, antes do semeio, e os tratamentos culturais foram os usuais.

As parcelas foram constituídas de sete fileiras de 10 m de comprimento, afastadas de 40 cm entre si, mas na colheita foram computadas as produções das cinco fileiras centrais, equivalentes a uma área útil de 20 m².

O semeio foi feito manualmente, distribuído 100 sementes por metro linear, em sulco de 3-4 cm de profundidade.

Foi usada sempre a variedade Dourado Agulha.

A posição das parcelas no bloco foi fixada mediante sorteio conforme exemplo exposto no Quadro 1.

QUADRO 1. Posição das parcelas no bloco, fixadas mediante sorteio

| X1 | | | X3 | | | X2 | | |
|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 10 | 11 | 12 | 19 | 20 | 21 |
| 6-12-6 | 6-0-12 | 12-0-6 | 6-0-6 | 12-6-6 | 6-6-12 | 0-6-12 | 6-0-0 | 0-0-6 |
| 4 | 5 | 6 | 13 | 14 | 15 | 22 | 23 | 24 |
| 0-12-12 | 12-6-12 | 6-6-0 | 6-12-0 | 0-12-6 | 0-6-0 | 6-6-6 | 0-12-0 | 6-12-12 |
| 7 | 8 | 9 | 16 | 17 | 18 | 25 | 26 | 27 |
| 12-12-0 | 0-0-0 | 0-6-6 | 12-12-2 | 12-6-6 | 0-0-2 | 12-12-6 | 12-6-0 | 12-0-12 |

Localização dos experimentos

Os experimentos foram plantados em diversos locais do Estado de Pernambuco relacionados no Quadro 2.

QUADRO 2. Locais dos experimentos

| Experimento N.º | Ano | Localização | Município |
|-----------------|------|---------------------------------|---------------|
| A31/55 | 1955 | Est. Exp. do Curado | Recife |
| A32/56 | 1956 | » » » | » |
| A33/56 | 1956 | Usina Cucau | R. Formoso |
| A34/57 | 1957 | Est. Exp. do Curado | Recife |
| A35/57 | 1957 | » » » | » |
| A36/58 | 1958 | » » » | » |
| A37/58 | 1958 | CIMEA (Engenho Aldeia) | Pau d'Alho |
| A38/58 | 1958 | Usina São José | Igarapé |
| A40/59 | 1959 | Est. Exp. do Curado | Recife |
| A41/59 | 1959 | Eng. Taboas S. Lourenço da Mata | S. L. da Mata |
| A42/59 | 1959 | Usina São José | Igarapé |
| A43/60 | 1960 | Est. Exp. do Curado | Recife |
| A44/60 | 1960 | CIMEA (Engenho Aldeia) | Pau d'Alho |

QUADRO 4. Resultados experimentais obtidos (ton/ha de arroz em casca)

| Experimentos | N | | | P | | | K | | | Local | V.E. | C.V. | Estabelecimentos |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|---------------------|
| | N0 | N1 | N2 | P0 | P1 | P2 | K0 | K1 | K2 | | | | |
| A 31/55 | 1,84 | 2,29 | 2,39 | 1,97 | 2,03 | 2,28 | 2,18 | 2,04 | 2,10 | 56,90 | 0,0300 | 11,37 | E. E. Curado |
| A 32/56 | 2,29 | 2,73 | 3,38 | 2,76 | 2,83 | 2,77 | 2,83 | 2,69 | 2,88 | 75,65 | 0,1264 | 12,86 | E. E. Curado |
| A 33/56 | 0,64 | 1,67 | 1,88 | 1,34 | 1,43 | 1,41 | 1,37 | 1,30 | 1,52 | 37,70 | 0,1000 | 22,86 | Usina Cucau |
| A 34/57 | 2,07 | 3,16 | 3,03 | 2,59 | 2,86 | 2,82 | 2,96 | 2,73 | 2,57 | 74,30 | 0,4414 | 24,00 | E. E. Curado |
| A 35/57 | 0,84 | 2,68 | 3,57 | 2,33 | 2,40 | 2,36 | 2,40 | 2,34 | 2,34 | 63,60 | 0,0340 | 6,77 | E. E. Curado |
| A 36/58 | 1,10 | 2,12 | 2,00 | 1,60 | 1,94 | 1,68 | 1,90 | 1,77 | 1,56 | 47,00 | 0,2586 | 29,31 | E. E. Curado |
| A 37/58 | 1,49 | 2,29 | 2,06 | 1,87 | 2,02 | 1,94 | 1,67 | 2,21 | 1,98 | 52,50 | 0,1000 | 16,49 | CIM do Eng.º Aldeia |
| A 38/58 | 1,88 | 2,49 | 2,44 | 2,52 | 2,14 | 2,14 | 2,29 | 2,31 | 2,21 | 61,50 | 0,2300 | 21,15 | Usina São José |
| A 40/59 | 1,82 | 2,31 | 2,57 | 2,22 | 2,19 | 2,29 | 2,16 | 2,23 | 2,31 | 60,50 | 0,1000 | 14,35 | E. E. Curado |
| A 41/59 | 1,59 | 1,74 | 2,12 | 2,14 | 1,76 | 1,56 | 1,83 | 1,83 | 1,79 | 49,10 | 0,1100 | 18,23 | Engenho Taboas |
| A 42/59 | 0,72 | 0,96 | 1,54 | 0,99 | 0,97 | 1,27 | 1,33 | 0,96 | 0,93 | 29,00 | 0,1300 | 33,64 | Usina São José |
| A 43/60 | 0,81 | 1,40 | 1,26 | 1,30 | 1,21 | 1,03 | 0,97 | 1,48 | 1,10 | 31,00 | 0,0300 | 20,34 | E. E. Curado |
| A 44/60 | 1,60 | 1,86 | 2,22 | 1,83 | 1,73 | 2,11 | 1,99 | 1,81 | 1,88 | 51,10 | 0,1800 | 22,75 | CIM do Eng.º Aldeia |
| T títl..... | 18,57 | 27,70 | 30,46 | 25,46 | 25,61 | 25,66 | 25,88 | 25,70 | 25,15 | 680,55 | 1,9204 | -- | -- |
| Médias..... | 1,42 | 2,13 | 2,34 | 1,95 | 1,96 | 1,97 | 1,99 | 1,97 | 1,93 | -- | -- | -- | -- |
| | | 76,73 | | | 76,73 | | | 76,73 | | | | | |

Precipitação pluviométrica

Na Estação Experimental do Curado, no Recife, onde foram localizados 7 dos 14 experimentos mencionados, a precipitação pluviométrica do período acima foi a do Quadro 3.

QUADRO 3. Distribuição mensal das chuvas no período de 1955/60, na Estação Experimental do Curado, Recife, Pernambuco

| Meses | Anos | | | | | | Médias |
|----------------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|
| | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | |
| Janeiro..... | 81,0 | 51,5 | (-) | 0,0 | 36,6 | 47,9 | 43,3 |
| Fevereiro..... | 192,7 | 61,4 | (-) | 55,3 | 210,8 | 31,6 | 110,3 |
| Março..... | 533,5 | 514,2 | 144,7 | 203,5 | 89,0 | 354,0 | 306,4 |
| Abril..... | 238,5 | 194,7 | (-) | 108,6 | 217,1 | 212,7 | 200,3 |
| Maió..... | 291,3 | 157,8 | 186,4 | 423,7 | 305,3 | 223,8 | 263,0 |
| Junho..... | 286,0 | 291,2 | (-) | 180,7 | 609,4 | 282,3 | 329,9 |
| Julho..... | 354,8 | 194,2 | (-) | 460,9 | 219,9 | 217,4 | 289,4 |
| Agosto..... | 230,8 | 307,0 | (-) | 160,1 | 126,7 | 218,3 | 208,5 |
| Setembro..... | 45,2 | 35,1 | (-) | 54,0 | 105,0 | 73,9 | 63,8 |
| Outubro..... | 37,0 | 37,7 | (-) | 17,1 | 11,8 | 58,3 | 32,3 |
| Novembro..... | 2,2 | 9,9 | (-) | 25,9 | 53,1 | 3,0 | 18,7 |
| Dezembro..... | 55,6 | 0,0 | (-) | 37,3 | 21,1 | 38,2 | 30,4 |
| Tot is | 2.339,5 | 1.854,7 | () | 1.729,8 | 2.039,8 | 1.766,1 | 1.830,3 |

Caracteres pedológicos

Os experimentos n.º 33/56, 37/58, 38/58, 41/59, 42/59 e 44/60 foram instalados em terrenos de baixo, solo franco-argiloso, onde tem sido explorada a lavoura há mais de um século.

O experimento n.º 39/59, foi plantado em terreno de baixo, num paul recentemente drenado.

Os demais foram plantados em solo aluvial da série Curado, cujas características físicas e químicas, refere Costa Lima (1957).

RESULTADOS

As produções médias dos diversos tratamentos, em cada experimento, foram reunidas nos Quadros 4 e 5 ao lado da variância do erro (V.E.) e do coeficiente da variação (C.V.) respectivo.

As análises da variância para cada elemento, no conjunto dos 13 experimentos, foram apresentadas nos Quadros 6 a 8.

QUADRO 5. Análise da variância conjunta dos 14 experimentos

| Efeitos | G. L. | Experimentos | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | A 31 | A 32 | A 33 | A 34 | A 35 | A 36 | A 37 | A 38 | A 39 | A 40 | A 41 | A 42 | A 43 | A 44 |
| Bloco | 2 | 0,015 | 0,02 | 0,15 | 0,18 | 0,05 | 7,26 | 3,41 | 4,16 | 0,81 | 0,25 | 0,80 | 0,04 | 0,03 | 0,51 |
| N' | 1 | 2,40 | 5,39 | 6,84 | 4,20 | 33,34 | 3,64 | 1,44 | 1,44 | 0,09 | 2,49 | 1,28 | 3,04 | 0,00 | 1,74 |
| N'' | 1 | 0,44 | 0,06 | 0,98 | 2,20 | 1,33 | 1,96 | 1,60 | 0,84 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,18 | 0,64 | 0,01 |
| P' | 1 | 0,43 | 0,00 | 0,02 | 0,22 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,64 | 33,62 | 0,02 | 1,56 | 0,34 | 0,32 | 0,34 |
| P'' | 1 | 0,01 | 0,08 | 0,02 | 0,14 | 0,02 | 0,56 | 0,08 | 0,21 | 2,40 | 0,02 | 0,05 | 0,15 | 0,01 | 0,34 |
| K' | 1 | 0,02 | 0,01 | 0,10 | 0,68 | 0,01 | 0,53 | 0,37 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,01 | 0,72 | 0,08 | 0,05 |
| K'' | 1 | 0,06 | 0,16 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,96 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 1,18 | 0,08 |
| N'P' | 1 | 0,18 | 1,61 | 0,14 | 0,80 | 0,02 | 0,27 | 0,05 | 0,33 | 0,33 | 0,60 | 0,08 | 0,00 | 0,24 | 0,52 |
| N'K' | 1 | 0,30 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,18 | 0,10 | 1,14 | 0,16 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 |
| P'K' | 1 | 0,00 | 0,10 | 0,36 | 0,24 | 0,02 | 0,08 | 0,04 | 0,50 | 0,01 | 0,48 | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,00 |
| Erro | 15 | 0,03 | 0,13 | 0,10 | 0,44 | 0,02 | 0,26 | 0,10 | 0,23 | 0,33 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,06 | 0,16 |
| C. V. % | | 11,37 | 12,86 | 22,86 | 24,00 | 6,77 | 23,31 | 13,49 | 21,15 | 25,11 | 14,35 | 18,33 | 33,64 | 20,34 | 22,75 |

QUADRO 6. Análise da variância para nitrogênio

| Efeitos | G. L. | Q. M. | F. |
|-------------------|-----------|--------|------------|
| Nitrogênio (N) | 2 | 2,9832 | 26,0037+++ |
| Local (L) | 12 | 0,8679 | 7,5867++ |
| Interação (N x L) | 24 (10) | 0,1147 | 6,9933++ |
| Erro | 195 (130) | 0,0164 | |

$$\bar{X} = 1,97$$

$$C = 150,9526$$

Os graus de liberdade, entre parêntesis, são os graus de liberdade ajustados pelo método Cochran (Cochran & Cox 1957).

Os efeitos para nitrogênio foram altamente significativos.

QUADRO 7. Análise da variância para fósforo

| Efeitos | G. L. | Q. M. | F. |
|-------------------|-----------|--------|------|
| Fósforo (P) | 2 | 0,0032 | |
| Local (L) | 12 | 0,8679 | 3,68 |
| Interação (P x L) | 24 (10) | 0,0274 | 1,67 |
| Erro | 195 (130) | 0,0164 | |

$$\bar{X} = 1,97$$

$$C = 150,9526$$

O efeito do fósforo não foi significativo.

QUADRO 8. Análise da variância para potássio

| Efeitos | G. L. | Q. M. | F. |
|-------------------|-----------|--------|-------|
| Potássio (K) | 2 | 0,0155 | |
| Local (L) | 12 | 0,8679 | 36,47 |
| Interação (K x L) | 24 (10) | 0,0238 | 1,45 |
| Erro | 195 (130) | 0,0164 | |

$$\bar{X} = 1,97$$

$$C = 150,9526$$

Não houve efeito significativo para potássio.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Interpretação por experimento

Dentre os 14 experimentos de adubação instalados de 1955 a 1960, oito apresentaram um coeficiente de variação superior a 20%, um pouco além da metade da precisão sofrível.

Nos experimentos 36/58, 37/58, 38/58 e 41/59, instalados respectivamente nas Estações experimentais

do Curado, CIM do Engenho Aldeia, Usina São José e no Engenho Tabocas, ocorreu heterogeneidade significativa entre os blocos.

Excetuando o experimento 39/59, localizado no paul do Núcleo Colonial do Pium, no Estado do Rio Grande do Norte, os demais apresentaram resposta evidente à adubação nitrogenada, à base de sulfato de amônio, de modo que o efeito da regressão linear geralmente apresentou significação ao nível de 1% e a metade dos experimentos apresentou efeito de curvatura com significação estatística.

Os experimentos 31/55, 39/59, 41/59 e 43/60, em suas respectivas análises da variância, mostraram de modo particular, que a adubação fosfatada contribuiu para melhorar as condições de fertilidade do solo.

Nos experimentos 37/58 e 43/60 ocorreram efeitos de curvatura com significação estatística, pois verificou-se, respectivamente, um decréscimo de produção média de 0,25 e 0,38 ton/ha quando passou do nível de 60 kg/ha de K₂O para 120.

O experimento 32/56 apresentou interação significativa nitrogênio × fósforo, em virtude de ter o nitrogênio aumentado a produção tanto na presença como na ausência do fósforo, ao passo que este aumentou a produção na presença do nitrogênio e diminuiu na ausência.

Interpretação do conjunto

Com o emprêgo do sulfato de amônio, como fonte de nitrogênio, a equação de Mitscherlich, na análise em conjunto dos experimentos de adubação do arroz, foi a seguinte:

$$y = 2,4282 [1 - 10^{-0,8817(x + 0,4333)}]$$

A produção máxima teórica, que se poderia conseguir, aumentando indefinidamente a dose de nitrogênio, seria 2,428 ton/ha de arroz em casca, nas condições dos experimentos e com a variedade utilizada.

O coeficiente de eficácia seria $c = 0,8817$, valor acima do encontrado por nós e por Pimentel Gomes e Abreu (1959), com adubação de nitrogênio na cultura da cana de açúcar.

A Fig. 1 reflete a curva de incremento da produção em função da dosagem de nitrogênio.

Considerando que:

a) o aumento médio de produção, quando se passou do nível N_0 (nitrogênio ausente), para o nível N_2 (120 kg/ha de nitrogênio) foi $N_2 - N_0 = 2,34 - 1,42 = 0,92$ ton/ha; b) o preço de 100 quilos de nitrogênio foi de Cr\$ 19.000, correspondendo a Cr\$ 38.000, a tonelada de sulfato de amônio com 20% de N; c) o preço de uma tonelada de arroz em casca foi estimado em Cr\$ 90.000. Obtivemos, pela aplicação da fórmula de Pimentel Gomes e Abreu (1959), um nível ótimo econômico para o nitrogênio em torno de 124 kg/ha de N, seja, 620 kg/ha de sulfato e amônio.

Nas condições em que estes experimentos foram instalados não foi possível evidenciar, no conjunto, a necessidade do emprêgo de fósforo e de potássio.

Estas conclusões concordam com as de Davis e Jones (1940), que nas áreas rizícolas norte-americanas encontraram resposta favorável para até 200 kg/ha de N, mas nenhum incremento obtiveram com fósforo e potássio. Contrariamente, porém, Feus (1954) apontou resultados altamente satisfatórios com a aplicação de fósforo em muitas áreas rizícolas de Java; Quidet e Bouat (1962) e Takahaski (1960) encontraram reação favorável ao potássio.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à Dr.^a Tezozinha do M. J. Fonsêca, Chefe da Seção de Climatologia do IPEANE, pelos dados meteorológicos fornecidos, aos auxiliares Paulo Aschoff e Antonio Ximenes executores dos projetos, bem como a Maria Celeste da Silva e Adiles Ribeiro de Albuquerque, pelos serviços de cálculos e de datilografia do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Cochran, W. G. & Cox G. M. 1957. *Experimental Designs*. 2nd. ed. Wiley & Sons, New York, 454 p.
- Lima, C. & Wanderley J. 1957. Levantamento dos solos da Estação Experimental do Curado. Bol. Téc. n.º 1 do Inst. Pesq. Exp. Agropec. do Nordeste, Recife, 33p.
- Davis, L. L. & Jones J. N. 1940. *Fertilizer Experiments with rice in California*. USDA Tech. Bull. 718, 21 p.
- Feus, J. G. de 1954. Means of increasing rice production. Centre d'étude de l'Azote, Geneva, 143 p.
- Gomes P. F. & Abreu C. 1957. Sobre uma fórmula para o cálculo da dose mais econômica de um adubo. Anais Escola Superior Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 16:192-198.
- Quidet, P. & Bouat M. M. 1962. Três anos de ensaios de adubação do arroz. *Fertilité* 15:3-9.
- Takahaski, J. 1960. O potássio e a cultura do arroz. *Fertilité* 11:13-22.
- Vasconcelos, D. M. & Almeida L. M. 1960. Espaçamento entre sulcos na cultura do arroz. Bol. Téc. n.º 15 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste, Recife, 26 p.

CHEMICAL FERTILIZATION OF RICE IN THE NORTHEAST

Abstract

The authors present the results of 14 factorial experiments (NPK - 3x3x3) on rice fertilization carried out in alluvial soils of the coastal area of Brazilian Northeast.

Excluding the experiment n. 39/59 located in an organic soil of Pium Valley, Rio Grande do Norte, where phosphorus shortage was detected, a 11 other pointed out lack of nitrogen alone and no reaction to both phosphorus and potash.

Mitscherlich's law, as applied to the point analysis of the 13 experiments, was the following:

$$y = 2,4282 [1 - 10^{-0,8817(x + 0,4333)}]$$

The estimation of the parameter c , which measures the efficiency of the fertilizer, was $c = 0,88$.

The most profitable level of fertilization for nitrogen was established around 124 kg/ha, as shown in Fig. 1.