

EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA PRODUÇÃO DO ARROZ IRRIGADO E NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO DE PELOTAS¹

MAURI ONOFRE MACHADO², ALGENOR DA SILVA GOMES, ARIIVALDO LUIZ TURATTI,
ELOY ANTONIO PAULETTO e PAULO SILVEIRA JUNIOR³

RESUMO - Foram avaliados os efeitos de sete adubos orgânicos e de adubação mineral (NPK), num experimento conduzido com arroz irrigado, em 1980/81 e 1981/82, na área da UEPAE de Pelotas. Em 1980/81, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o rendimento de grãos do arroz, mas, em 1981/82, o resíduo de curtume + NPK foi o melhor tratamento, seguido da cinza de carvão-de-pedra + NPK, da palha de arroz com "nutri-humus" e da casca de arroz + NPK. A adubação mineral, o esterco bovino, o "humutrim SM-10" e o "nitrohumomineral" não elevaram significativamente o rendimento de grãos em relação à testemunha. Somente o resíduo de curtume com ou sem NPK provocou modificações sensíveis nas propriedades químicas do solo, elevando o pH e os teores de Ca^{+2} + Mg^{+2} e P disponível e, praticamente, eliminando o Al^{+3} . Os teores de K disponível não sofreram alterações sensíveis para quaisquer dos tratamentos aplicados. As propriedades físicas do solo, tais como, as densidades do solo e das partículas, a macro e microporosidade e a condutividade hidráulica, não foram influenciadas pelos tratamentos.

Termos para indexação: rendimento de grãos, resíduo de curtume, cinza de carvão mineral, casca de arroz.

EFFECT OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON FLOODED RICE YIELD AND CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF PELOTAS SOIL

ABSTRACT - The effects of seven organic manures and one mineral fertilizer (NPK) were evaluated in this experiment, that was carried out during the rice growing season of 1980/81 and 1981/82, at UEPAE Pelotas Station. In 1980/81 the grain yield was not influenced significantly by any treatments but, in 1981/82, the tanning residue with NPK was the best treatment, followed by coal ash with NPK, rice straw with "nutri-humus" and rice hull with NPK. The mineral fertilizer, farmyard manure, "humutrim SM-10" and "nitrohumomineral" did not increase significantly the grain yield related to the control. Only the tanning residue with or not NPK caused a sensible modification on the chemical soil properties by increasing the pH, the levels of Ca^{+2} + Mg^{+2} and available P and by eliminating the Al^{+3} . The levels of available K in the soil were not influenced by any treatments. The physical soil properties such as particle and bulk density, macro and microporosity, and hydraulic conductivity were not affected by any treatment studied.

Index terms: organic manure, grain yield, tanning residue, chemical soil properties, coal ash, rice hull.

INTRODUÇÃO

Os solos da unidade de mapeamento Pelotas (Alfissolo) são utilizados com a cultura do arroz irrigado, principalmente, e ocupam uma área aproximada de 7.320 km², que abrange vários municípios da região litoral sul do Rio Grande do Sul. Apresentam má drenagem, são pouco porosos, com um horizonte B impermeável. Possuem moderada a forte limitação quanto à fertilidade natu-

ral, baixa disponibilidade de nutrientes disponíveis e baixo teor de matéria orgânica (Brasil. Ministério da Agricultura 1973). Apesar da importância desse solo, o segundo em área de produção, para o arroz irrigado do Estado, a produtividade da cultura é normalmente baixa, mesmo quando são utilizadas quantidades razoáveis de fertilizantes minerais. Isto se explicaria, segundo alguns observadores, pelo baixo teor de matéria orgânica, normalmente inferior a 2%, quando comparados aos solos arroseiros mais produtivos.

A prática de incorporar resíduos ou adubos orgânicos disponíveis na região é ainda pouco utilizada, devido ao pouco conhecimento existente, e pode ser uma forma de elevar o potencial produtivo deste solo e, inclusive, diminuir a demanda de fertilizantes minerais, de custo elevado.

¹ Aceito para publicação em 1 de junho de 1983.

Trabalho realizado na UEPAE Pelotas - Convênio EMBRAPA/UFPEL.

² Eng^o - Agr^o, M.Sc., EMBRAPA - Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Pelotas (UEPAE DE PELOTAS), Caixa Postal 553, CEP 96100 - Pelotas, RS.

³ Prof. da FAEM/UFPEL e Pesq. do Convênio EMBRAPA/UFPEL.

Segundo observou Serrano, citado por Ansus Junior & Reyes (1979), a aplicação isolada de fertilizantes comerciais (NPK) não é suficiente para a obtenção de bons rendimentos, a menos que o solo tenha um abundante suprimento de matéria orgânica ou húmus.

Muitos pesquisadores têm relatado o efeito benéfico da adição de resíduos orgânicos, de diversas origens, sobre as propriedades do solo e o rendimento de diferentes culturas (Ansus Junior & Reyes 1979, Chatterjee et al. 1979, Lund 1978, Kimura et al. 1979, Holanda et al. 1982, Mugwira 1979, Goepfert et al. 1980, Tedesco & Vogel 1980, Teixeira 1981).

Ansus Junior & Reyes (1979) estudaram o efeito da aplicação de palha de arroz sobre o desenvolvimento do arroz irrigado (cv. IR-36), nas Filipinas, concluindo que a altura das plantas ao final do ciclo, o número total de perfilhos, o número de perfilhos produtivos e a produção de grãos aumentaram de forma proporcional às quantidades equivalentes a 0, 5, 10 e 20 t/ha de palha aplicadas. Resultados semelhantes, com a cultura do arroz em solo inundado, foram obtidos por Beye (1977), ao analisar o efeito da aplicação anual de 0, 100 e 200 kg/ha de N, na ausência e na presença de 6 t/ha de palha de arroz. Este autor observou ainda que o efeito isolado da palha foi ligeiramente superior ao da adubação nitrogenada e que, embora não fosse significativo o efeito da interação palha x N, a presença simultânea de ambos elevou o rendimento de grãos, indicando que a palha aumentou a eficiência do N aplicado, principalmente na dose de 100 kg/ha de N.

Também Chatterjee et al. (1979) observaram o efeito benéfico de cinco adubos orgânicos aplicados na dose de 10 t/ha, incluindo a palha de arroz e o esterco bovino, que elevaram os teores de matéria orgânica e de P e K disponíveis, a capacidade de troca de cátions do solo e a eficiência na utilização dos fertilizantes comerciais e, conseqüentemente, o rendimento de grãos de arroz.

A aplicação de, aproximadamente, 11 t/ha de esterco bovino em solo irrigado de Coimbatore, na Índia, aumentou o pH, a capacidade de retenção de água, a fixação de nitrogênio, os teores de nitrogênio total e de carbono orgânico e, também,

a população bacteriana do solo (Ramaswami et al. 1979).

Outros resíduos de natureza orgânica, provenientes da indústria, estão sendo avaliados para uso agrícola e têm apresentado ótimos resultados, além de minimizar a ação poluente sobre o meio ambiente, diante da elevada quantidade produzida. Este é o caso do resíduo de curtume e da cinza de carvão-de-pedra, subprodutos da industrialização de peles e da queima de carvão para a produção de energia elétrica, respectivamente.

Teixeira (1981), estudando o efeito da aplicação de resíduo de curtume em dois solos, nas doses de 0, 40 e 80 t/ha, contendo 1,8% de Cr, sobre a produção de matéria seca de azevém, em casa de vegetação, observou que as maiores produções, em dois cortes, ocorreram no tratamento com 40 t/ha de resíduo. Considerou, ainda, que a quantidade de resíduo de curtume a aplicar não deve ser superior à recomendada para elevar o pH do solo a valores adequados para a cultura, tendo em vista o valor de neutralização da acidez do resíduo usado que, nesse experimento, foi de 21%. Observou, também, que o resíduo reduziu os teores de Al^{+3} e Mn^{+2} do solo, como conseqüência da elevação do pH.

Goepfert et al. (1980), avaliando os resultados obtidos com a aplicação de 0, 50, 100, 200 e 300 t/ha de cinza de carvão-de-pedra, juntamente com a adubação mineral recomendada, no cultivo de cebola, num solo arenoso do município de Rio Grande, RS, verificaram acréscimos consideráveis no rendimento de bulbos em três safras; em média, o maior incremento ocorreu quando a aplicação passou de 50 para 100 t/ha de cinzas. Os autores sugeriram que os incrementos verificados, provavelmente, se devam mais à melhoria das propriedades físicas do solo do que das propriedades químicas. Houve uma correlação altamente significativa entre a umidade gravimétrica e o rendimento de bulbos, e devido à baixa solubilidade dos nutrientes contidos nas cinzas de carvão-de-pedra, esse material, a médio prazo (três anos e meio), não aumentou a disponibilidade de nutrientes para as plantas, nem alterou significativamente as propriedades químicas do solo, tais como os teores de matéria orgânica, P e K disponíveis, Al^{+3} e $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ trocáveis do solo.

Considerando o exposto, foi realizada esta pesquisa com o objetivo de avaliar a influência de vários resíduos orgânicos, complementados ou não com a adubação mineral, sobre a produtividade do arroz irrigado e sobre as propriedades químicas e físicas do solo Pelotas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área da UEPAE de Pelotas, em solo da unidade de mapeamento Pelotas, classificado, segundo os critérios da Divisão de Pesquisa Pedológica do Ministério da Agricultura, como Planossolo e, segundo a sétima aproximação do sistema compreensivo americano, como Albaqualf (Brasil. Ministério da Agricultura 1973). A análise de três amostras de solo, coletadas no campo experimental antes da aplicação dos tratamentos, revelou as seguintes características: pH - 4,9; Al^{+3} - 0,6 meq/100 g; Ca + Mg - 3,0 meq/100 g; K - 52 ppm; P - 6,7 ppm; M.O. - 1,40% e textura franca, com 39,1% de areia, 42% de silte e 18,9% de argila.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições, constando dos seguintes tratamentos:

1. testemunha (sem adubo);
2. adubação mineral (NPK);
3. casca de arroz;
4. esterco bovino;
5. resíduo de curtume;
6. casca de arroz + NPK;
7. esterco bovino + NPK;
8. resíduo de curtume + NPK;

9. casca de arroz + P;
10. esterco bovino + P;
11. casca de arroz + processo "nutri-humus" ("NH");
12. esterco bovino + "NH";
13. palha de arroz + "NH";
14. adubo "humutrim SM-10", na dose de 800 kg/ha;
15. adubo "nitrohumomineral", na dose de 300 kg/ha;
16. cinza de carvão-de-pedra + NPK.

Os tratamentos com adubação mineral receberam o equivalente a 60 kg/ha de N, 40 kg/ha de P_2O_5 e 40 kg/ha de K_2O , no caso de NPK e 40 kg/ha de P_2O_5 no caso de P somente. Os resíduos orgânicos, com exceção da cinza de carvão-de-pedra, foram aplicados sempre na quantidade equivalente a 20 t/ha, com base no peso seco ao ar. A cinza de carvão-de-pedra, finamente moída, foi fornecida pela usina termoeletrica de Candiota, em Bagé, RS, e aplicada na dose correspondente a 50 t/ha. Os adubos "humutrim SM-10" e "nitrohumomineral", produzidos de turfa, em Cambé, PR, e de lignito da mina de Candiota, em Bagé, RS, e comercializados pelas companhias TRINCHEL - Adubos Químicos e Orgânicos Ltda. e CARBOSUL, respectivamente, foram aplicados nas quantidades indicadas no folheto de vendas das referidas empresas. A composição dos diversos adubos orgânicos utilizados, segundo a análise efetuada pela Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, encontra-se na Tabela 1. O processo "nutri-humus" consiste no processo completo indicado no folheto de apresentação do produto editado pela companhia Adubos Orgânicos "NUTRI-HUMUS" Ltda.

O experimento foi conduzido nas safras de 1980/81

TABELA 1. Composição dos adubos de origem orgânica utilizados no experimento, conforme análise feita pela Fundação de Ciência e Tecnologia, Rio Grande do Sul.

Determinação	Palha de arroz	Esterco bovino	Nitrohumomineral	Resíduo de curtume *	Cinza de carvão-de-pedra	Humutrim SM-10	Casca de arroz **
pH em água	8,0	6,0	6,6	6,5	10,1	-	-
NH_4^+ sol. (ppm)	38	185	7.741	118	432	-	-
NO_3^- sol. (ppm)	32	65	468	9	25	-	-
N total (%)	0,76	1,2	6,79	0,99	0,75	0,8 a 1,5	0,72
P total (%)	0,136	1,363	2,545	0,055	0,006	0,4 a 0,6	0,11
K total (%)	1,51	0,17	1,85	0,00	0,01	0,6 a 0,8	0,52
Ca total (%)	0,19	0,21	1,42	2,44	0,06	3,0	0,15
Mg total (%)	0,19	0,07	0,72	1,12	0,07	0,47	0,08
C orgânico (%)	40,0	20,4	23,7	51,3	4,7	-	-
C/N	52,6	16,8	3,5	51,8	6,3	-	-
SiO_2 (%)	-	-	-	-	63,5 ***	-	8,3
Umidade (%)	3,7	7,0	15,4	25,7	10,4	21,5	-

* Valores expressos no material úmido.

** Baseado em informações de Malavolta (1979), para a cultivar IR 665-4-5-5 com rendimento de 4.458 kg/ha de grãos com casca e 1.232 kg/ha de casca.

*** Segundo Goepfert et al. (1980).

e 1981/82, com a cultivar Bluebelle. O preparo do solo, lavração, discagem e a conseqüente incorporação do campo nativo e da resteva da safra 1980/81, foram realizados em meados de outubro de 1980 e de 1981, respectivamente. Os tratamentos à base de resíduos orgânicos e o processo "nutri-humus" foram aplicados somente no primeiro ano, quinze dias antes da semeadura do arroz. A adubação mineral (P e K) e os adubos "humutrin SM-10" e "nitrohumomineral" foram aplicados anualmente, por ocasião de cada semeadura, que ocorreu em 9.12.80 e 13.11.81. Somente a adubação nitrogenada foi efetuada parceladamente nas duas safras, 1/3 aplicado na semeadura, juntamente com P e K, e 2/3 em cobertura, no início da diferenciação do primórdio floral. A semeadura foi realizada no seco, sendo a área experimental inundada, aproximadamente, 30 dias após a emergência, e mantida submersa até dez dias antes da colheita, quando foi efetuada a drenagem. As parcelas mediam 3,50 m x 5,00 m, sendo os trabalhos de incorporação dos adubos de base realizados com enxada rotativa, a uma profundidade média de 15 cm. A colheita de cada parcela foi efetuada numa área útil de 2,10 m x 4,00 m, seguindo-se a trilha numa trilha-deira de parcelas. Os rendimentos de grãos foram calculados com base na correção da umidade do grão para 13%.

Por ocasião da colheita da última safra, foram coletadas, em cada parcela, cinco subamostras de solo, a 0-20 cm de profundidade. Depois de misturadas e homogeneizadas, foram secadas e submetidas às análises químicas, no Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal de Pelotas. Os métodos de análises utilizados para determinar pH, P e K disponíveis e matéria orgânica foram descritos por Mielniczuk et al. (1969), e para Al^{+3} e $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ por Vettori (1969).

Aproximadamente, 30 dias após a colheita da safra 1981/82, foram coletadas amostras de solo, uma em cada parcela, com estrutura não alterada, em cilindros de 412 cm³, na profundidade de 5 a 15 cm, com a finalidade de realizar as análises físicas. Estas análises foram efetuadas de acordo com os seguintes métodos:

- densidade das partículas: método do picnômetro (Blake 1965a);
- densidade do solo: método do anel volumétrico (Blake 1965b);
- macro e microporosidade: da mesa de tensão, de acordo com a metodologia descrita por Kiehl (1979);
- condutividade hidráulica do solo saturado: permeâmetro de carga constante, descrito por Klute (1965).

A avaliação do efeito dos tratamentos sobre os diferentes parâmetros baseou-se na análise estatística, através da análise da variância (teste F) e da comparação entre médias pelo teste de Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de rendimento médio de grãos,

observados nos dois anos, encontram-se na Tabela 2. Na safra de 1980/81, verificaram-se rendimentos de grãos relativamente elevados para todos os tratamentos, inclusive a testemunha. Embora não se tenha verificado diferença significativa entre os tratamentos, destacaram-se os efeitos da casca de arroz com P ou NPK e da cinza de carvão-de-pedra com NPK, que produziram, em média, aproximadamente, 600 kg/ha (10%) de grãos mais do que a adubação mineral, isoladamente, e 800 kg/ha (14%) de grãos acima da testemunha. Segundo Ishibashi, citado por Hsu & Luh (1980), alguns orizicultores japoneses aplicam casca ou cinza de casca de arroz para aumentar a absorção de sílica pelas plantas, o que, conforme Patella (1976), pode elevar o rendimento de grãos da cultura. Resultados benéficos, decorrentes da aplicação de cinza de carvão-de-pedra, também foram observados por Goepfert et al. (1980), com a cultura da cebola, na Estação Experimental de Rio Grande, RS. Por outro lado, os rendimentos pouco inferiores dos tratamentos à base de resíduo de

TABELA 2. Efeito da adubação orgânica e mineral sobre o rendimento de grãos (kg/ha) de arroz irrigado. Médias de três repetições.

Tratamento	1981/82 ¹	1981/82
Testemunha	5.910 a	4.240 ef
NPK	6.130 a	4.720 cdef
Casca de arroz	6.340 a	4.030 f
Esterco bovino	6.100 a	4.480 def
Resíduo de curtume	5.740 a	5.020 bcd
Casca de arroz + NPK	6.780 a	5.280 bc
Esterco bovino + NPK	6.160 a	4.530 def
Resíduo de curtume + NPK	6.330 a	6.210 a
Casca de arroz + P	6.690 a	4.500 def
Esterco bovino + P	6.320 a	4.880 bcde
Casca de arroz + "NH" ²	6.070 a	4.620 cdef
Esterco bovino + "NH"	6.220 a	4.550 def
Palha de arroz + "NH"	5.840 a	5.320 b
"Humutrin SM-10"	5.770 a	4.320 def
"Nitrohumomineral"	6.040 a	4.860 bcde
Cinza de carvão-de-pedra + NPK	6.710 a	5.460 b
C.V. (%)	9,9	7,7
F - teste	0,89 NS	6,55 **

¹ As médias seguidas por letras idênticas, na mesma coluna, não diferem entre si (Duncan a 5%).

² Processo "Nutri-humus".

curtume sem NPK e de palha de arroz, em relação à testemunha, nesse primeiro ano, podem ter sido decorrentes da alta relação C/N desses resíduos (Tabela 1) e conseqüente imobilização de parte do nitrogênio mineral do solo pelos microrganismos atuantes na decomposição dos resíduos (Rao & Mikkelsen 1976). Isto se justifica melhor, observando-se que o resíduo de curtume com NPK teve rendimento de grãos ligeiramente superior ao da testemunha.

Na safra de 1981/82, já se observou diferença altamente significativa entre os rendimentos de grãos obtidos com os diferentes tratamentos, destacando-se o efeito do resíduo de curtume com NPK (Tabela 2). Este tratamento aumentou o rendimento médio de grãos em, aproximadamente, 2.000 kg/ha (46%) e 1.500 kg/ha (31%) de grãos, quando comparado com a testemunha e a adubação NPK, respectivamente. Mesmo isoladamente, o resíduo de curtume teve rendimento significativamente superior ao da testemunha e também produziu mais do que a adubação mineral, embora não significativamente. Ainda com rendimentos de grãos superiores aos da testemunha e da adubação mineral, foram os tratamentos com cinza de carvão-de-pedra + NPK, palha de arroz + "nutri-humus" e casca de arroz + NPK. É importante salientar que o resíduo de curtume associado à adubação mineral foi o único tratamento que manteve a produtividade elevada na segunda safra. E mais, somente a aplicação de fertilizantes minerais (NPK) não foi suficiente para incrementar, significativamente, o rendimento de grãos, nos dois anos, o que corrobora a afirmação de Serrano, citado por Ansus Junior & Reyes (1979), de que a aplicação isolada de fertilizantes minerais não é suficiente para a obtenção de bons rendimentos, a menos que o solo tenha um abundante suprimento de matéria orgânica. Os resultados excepcionais obtidos com o resíduo de curtume poderiam ser, em parte, atribuídos à correção da acidez e elevação dos teores de Ca + Mg, conforme observou Teixeira (1981), mas outras propriedades do solo devem ter concorrido para tal efeito, pois Machado et al. (1981), embora tenham observado melhoria significativa no rendimento de grãos de arroz com aplicação de 2,4 t/ha de calcário dolomítico nesse mesmo solo, não verificaram acréscimos tão ex-

pressivos assim. Segundo Pandey, citado por Chatterjee et al. (1979), os adubos orgânicos permitem reduzir as perdas de N por lixiviação e atuam como fertilizantes de liberação lenta de nutrientes para as plantas, o que poderia explicar o efeito residual não somente do resíduo de curtume, mas também da casca e palha de arroz e da cinza de carvão-de-pedra, todos associados à adubação mineral, na segunda safra.

Os demais adubos orgânicos testados, tais como esterco bovino, "humutrim SM-10" e "nitrohumomineral", não elevaram significativamente o rendimento de grãos em relação à testemunha, nas duas safras. Os resultados obtidos com os dois últimos eram esperados, em vista do baixo teor de nutrientes (Tabela 1) e das pequenas quantidades aplicadas, corroborando o que observaram Tedesco & Vogel (1980), avaliando o efeito do "nitrohumomineral" na cultura do milho. Schmidt & Gargantini (1970) também não observaram efeito de esterco bovino, na dose de 30 t/ha, em duas safras de arroz irrigado em solo ácido da Estação Experimental de Pindamonhangaba.

Os resultados das análises químicas do solo, efetuadas após a segunda colheita (Tabela 3), mostraram que somente o resíduo de curtume, complementado ou não com adubação mineral, elevou sensivelmente o pH e os teores de $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ e de P disponível e, praticamente, eliminou o Al^{+3} trocável. Efeitos similares foram verificados por Teixeira (1981), ao aplicar resíduo de curtume nos solos Santo Angelo (Latossolo Roxo Distrófico; Haplortox) e São Jerônimo (Laterítico Bruno Avermelhado; Paleudult), no Rio Grande do Sul, e procedem da ação alcalina de soluções utilizadas no tratamento inicial do couro (fase de depilação). Por isso, deve-se ter o cuidado de não exagerar nas quantidades a aplicar, conforme enfatizou aquele pesquisador. Quanto aos teores de P disponível, verificou-se uma dispersão muito grande dos valores em torno da média, para a maioria dos tratamentos, determinando o valor elevado do coeficiente de variação (35%), exceções feitas ao resíduo de curtume + NPK e à casca de arroz + P, cujas repetições mostraram as menores variações. É provável que a coleta de apenas cinco subamostras, para compor uma amostra de solo, tenha sido insuficiente para a obtenção de resultados repre-

TABELA 3. Efeito da adubação orgânica e mineral sobre as principais propriedades químicas do solo, após dois anos de cultivo com arroz irrigado.

Tratamento	pH ¹	Al ⁺³ me/100 g	Ca ⁺² + Mg ⁺² me/100 g	P ppm	K ppm	M.O. (%)
Testemunha	5,0 b ²	0,4 bc	4,2 b	3,1 e	21 a	2,3 c
NPK	5,0 b	0,7 a	4,3 b	4,2 cde	21 a	2,8 abc
Casca de arroz	5,0 b	0,6 ab	3,6 b	4,9 cde	22 a	2,7 bc
Esterco bovino	5,0 b	0,5 a	4,3 b	3,6 de	23 a	2,6 bc
Resíduo de curtume	5,5 a	0,2 c	5,6 a	5,9 abcde	22 a	2,7 bc
Casca de arroz + NPK	5,1 b	0,5 a	4,3 b	6,3 abcde	23 a	3,5 a
Esterco bovino + NPK	4,9 c	0,4 bc	3,9 b	4,6 cde	22 a	2,4 bc
Resíduo de curtume + NPK	5,6 a	0,1 c	6,1 a	9,3 ab	21 a	2,2 c
Casca de arroz + P	5,1 b	0,6 ab	4,1 b	7,6 abc	24 a	3,1 abc
Esterco bovino + P	5,0 b	0,7 a	4,0 b	5,3 bcde	18 a	2,7 bc
Casca de arroz + "NH"	5,1 b	0,6 ab	4,0 b	5,9 abcde	20 a	3,1 abc
Esterco bovino + "NH"	5,0 b	0,6 ab	4,4 b	4,3 cde	19 a	2,9 abc
Palha de arroz + "NH"	5,1 b	0,5 ab	4,3 b	6,9 abcd	23 a	2,7 bc
"Humutrim SM-10"	5,1 b	0,6 ab	4,2 b	9,6 a	21 a	2,7 bc
"Nitrohumomíneral"	5,1 b	0,6 ab	3,9 b	3,5 de	20 a	2,7 bc
Cinza de carvão-de-pedra + NPK	5,1 b	0,7 a	4,3 b	7,2 abcd	23 a	2,5 bc
Coefficiente de variação (%)	2,5	30,0	17,7	35,8	15,2	14,6
F (tratamento)	5,2 **	3,9 **	1,9 NS	2,7 **	0,7 NS	1,9 NS

¹ Metodologia de análises descritas por Mielniczuk et al. (1969) para pH, P e K disponíveis e matéria orgânica, e por Vettori (1969) para Al⁺³ e Ca⁺² + Mg⁺².

² As médias seguidas por letras idênticas, na mesma coluna, não diferem entre si (Duncan a 5%).

sentativos na avaliação desse parâmetro e constitui a principal causa do elevado coeficiente de variação, corroborando as observações de Raij (1981).

Os teores de potássio disponível não sofreram alterações sensíveis em consequência de quaisquer dos tratamentos aplicados. Cabe ressaltar que os teores encontrados após os dois cultivos foram muito baixos em todos os tratamentos, variando entre 18 e 24 ppm, e mostrando um significativo decréscimo em relação ao teor inicial de 52 ppm, o que caracteriza altas perdas devido à extração pelas colheitas, lixiviação e baixa capacidade de reserva e retenção do potássio do solo, visto que alguns dos tratamentos aplicados, como a palha de arroz + "NH", adicionaram quantidades elevadas desse nutriente.

Os teores de matéria orgânica do solo, após dois cultivos (Tabela 3), mostraram um aumento em relação ao teor inicial (1,4%), para todos os tratamentos, inclusive a testemunha. Este aumento pode ser devido ao acúmulo de compostos orgânicos intermediários e de resíduos orgânicos não decom-

postos (restos de cultura, de plantas nativas, de microrganismos e de adubos orgânicos), incorporados ao solo, entre e durante as duas safras. Isto se deve ao fato de as condições ambientais, de baixa temperatura e de alta pluviosidade, que são normais no período da entressafra do arroz em Pelotas (Mota et al. 1971), e de alagamento contínuo (anaerobiose) durante a maior parte do ciclo da cultura, tornarem mais lenta a atividade microbiana e, conseqüentemente, a decomposição da matéria orgânica, conforme enfatizam Alexander (1961), Fassbender (1978) e Ponnampuruma (1972). Outrossim, a variação dos teores encontrados entre os diversos tratamentos, explica-se, de um lado, pelas diferentes quantidades de resíduos orgânicos produzidos nas duas safras e, de outro, pelas diferenças na composição dos adubos orgânicos aplicados, o que ocasionou maior ou menor dificuldade de mineralização. Dessa forma, a casca de arroz, sabidamente de difícil mineralização por conter altos teores de sílica e de fibra (Grist 1975), apresentou, em geral, os maiores teores, enquanto

TABELA 4. Efeito da adubação orgânica e mineral sobre algumas propriedades físicas do solo, após dois anos de cultivo com arroz irrigado.

Tratamentos	Densidade ¹		Porosidade (%) ¹		Condutividade ¹ hidráulica (cm/h)
	Solo	Partículas	Macro	Micro	
Testemunha	1,35 ab	2,50 ab	7,5 abc	34,4 a	1,50 ab
NPK	1,36 ab	2,47 ab	5,7 bc	34,3 a	2,18 ab
Casca de arroz	1,29 ab	2,47 ab	10,9 ab	34,9 a	1,05 ab
Esterco bovino	1,35 ab	2,48 ab	5,6 bc	35,8 a	3,70 a
Resíduo de curtume	1,40 a	2,51 ab	4,7 c	36,1 a	1,16 ab
Casca de arroz + NPK	1,36 ab	2,47 ab	5,7 bc	36,2 a	2,82 ab
Esterco bovino + NPK	1,34 ab	2,52 ab	6,4 bc	35,4 a	1,40 ab
Resíduo de curtume + NPK	1,30 ab	2,46 ab	12,6 a	33,1 a	2,59 ab
Casca de arroz + P	1,28 ab	2,45 b	8,0 abc	36,1 a	0,76 ab
Esterco bovino + P	1,29 ab	2,47 ab	7,6 abc	34,1 a	2,48 ab
Casca de arroz + "NH"	1,26 b	2,46 ab	6,7 bc	36,8 a	1,86 ab
Esterco bovino + "NH"	1,28 ab	2,53 ab	7,2 bc	35,3 a	1,41 ab
Palha de arroz + "NH"	1,31 ab	2,44 b	8,7 abc	35,0 a	0,77 ab
"Humutrim SM-10"	1,32 ab	2,57 a	5,1 c	36,3 a	0,67 b
"Nitrohumomineral"	1,32 ab	2,47 ab	8,7 abc	34,4 a	0,53 b
Cinza de carvão-de-pedra + NPK	1,32 ab	2,55 ab	6,2 bc	35,0 a	0,73 ab
Coefficiente de variação (%)	4,8	2,5	38,2	5,5	94,3
F (tratamentos)	1,07 NS	0,95 NS	1,72 NS	0,79 NS	1,12 NS

¹ As médias seguidas por letras idênticas, na mesma coluna, não diferem entre si (Duncan a 5%).

o resíduo de curtume, quando complementado com NPK, mostrou o menor teor de matéria orgânica, o que pode ser devido à sua ação alcalina no solo, somada ao enriquecimento de nutrientes, especialmente de nitrogênio, fatores importantes para acelerar a mineralização da matéria orgânica (Alexander 1961, Fassbender 1978). Como conseqüência, o resíduo de curtume + NPK deve ter mobilizado mais nutrientes para a cultura e, dessa forma, elevou substancialmente a sua produtividade na safra de 1981/82 (Tabela 2), conforme foi discutido anteriormente.

Os efeitos dos diferentes tratamentos sobre algumas propriedades físicas do solo, analisadas nesta pesquisa (Tabela 4), não foram consistentes, de tal forma que se permita salientar a ação de quaisquer dos adubos orgânicos sobre as densidades do solo e das partículas, a macro e microporosidade e a condutividade hidráulica. Embora a aplicação do teste de Duncan a 5% detectasse diferença significativa entre os tratamentos, observou-se que a testemunha sempre teve valores situados no patamar superior, para quaisquer dos parâmetros

avaliados. Devido a isso, não se pode afirmar que alguns dos resíduos orgânicos tivessem ação agregante sobre as partículas do solo ou melhorado a aeração, conforme se poderia deduzir de um efeito significativo sobre a densidade do solo, a porosidade e a condutividade hidráulica, o que estaria de acordo com as observações de Kipps e de Donahue, citados por Anus Junior & Reyes (1979), e de Ramaswami et al. (1979). Por outro lado, é provável que a água de inundação tenha neutralizado a possível ação dos adubos orgânicos sobre a estabilidade dos agregados do solo e, conseqüentemente, anulado o efeito desses sobre algumas das propriedades físicas analisadas.

CONCLUSÕES

1. Só a aplicação de fertilizantes minerais (NPK) não é suficiente para manter elevada a produtividade do arroz irrigado no solo Pelotas.

2. A cinza de carvão-de-pedra, a palha e a casca de arroz e, principalmente, o resíduo de curtume melhoraram o potencial produtivo do solo Pelo-

tas, elevando o rendimento de grãos de arroz, mormente quando complementados com a adubação mineral.

3. Somente o resíduo de curtume alterou sensivelmente algumas propriedades químicas do solo, elevando o pH e os teores de Ca^{+2} + Mg^{+2} e de P disponível e, praticamente, eliminando o Al^{+3} trocável. Os teores de K disponível não foram alterados por quaisquer dos tratamentos aplicados.

4. As condições climáticas de baixa temperatura e alta pluviosidade, que normalmente ocorrem no período da entressafra do arroz em Pelotas, e o alagamento contínuo durante a maior parte do ciclo da cultura provocaram um acúmulo de matéria orgânica no solo, que variou conforme a quantidade e a natureza dos resíduos orgânicos incorporados.

5. Nas condições de solo inundado, no período estudado, os adubos orgânicos não mostraram influência sobre as propriedades físicas, tais como as densidades do solo e das partículas, a macro e microporosidade e a condutividade hidráulica.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. Organic matter decomposition. In: ———. Introduction to soil microbiology. New York, John Wiley & Sons Inc., 1961, part. 2, cap.9, p.139-62.
- ANSUS JUNIOR, A.A. & REYES, P.L. The effect of rice straw on the growth, tiller production, and yield of transplanted rice. *Araneta Res. J.*, 26(1/2):28-46, 1979.
- BEYE, E. Étude de l'action de doses croissantes d'azote en présence ou en absence de paille de riz enfouie sur le développement et les rendements du riz en Basse-Casamance. *Agron. Trop.*, 32(1):41-50, 1977.
- BLAKE, G.R. Particle density. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, Am. Soc. of Agron., 1965a. part.1, cap.29, p.371-3.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, Am. Soc. of Agron., 1965b. part.1, cap.30, p.374-90.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. (Boletim Técnico, 30).
- CHATTERJEE, B.N.; SINGH, K.I.; PAL, A. & MAITI, S. Organic manures as substitutes for chemical fertilizers for high-yielding rice varieties. *Indian J. Agron. Sci.*, 49(3):188-92, 1979.
- FASSBENDER, H.W. Componentes orgânicos de la fase sólida del suelo. In: ———. Química de suelos: con énfasis en suelos de América Latina. San José, Ed. IICA, 1978. cap.2, p.66-106.
- GOEFFERT, C.F.; BENDJOUYA, B. & POMBO, L.A. Efeito da cinza de carvão-de-pedra sobre o rendimento de bulbos de cebola (*Allium cepa* L.) e as propriedades físicas e químicas do solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 4(2):96-9, 1980.
- GRIST, D.H. Rice products. In: ———. Rice. London, Longman Group Ltd., 1975. part.3, cap.16, p.432-48.
- HOLANDA, J.S.; MIELNICZUK, J. & STAMMEL, T.G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solo da encosta basáltica do Rio Grande do Sul. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 6(1):47-51, 1982.
- HSU, W.H. & LUH, B.S. Rice hulls. In: LUH, B.S. Rice: production and utilization. Westport, The Avi Publishing Company, Inc., 1980, cap.22, p.736-63.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia - relações solo-planta. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.
- KIMURA, M.; PANICHSAKPATANA, S.; WADA, H. & TAKAI, Y. Influences of organic debris rice root on the nitrogen fixation in the submerged soil. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 25(4):637-40, 1979.
- KLUTE, A. Laboratory measurement of hidraulic conductivity of saturated soils. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, Am. Soc. of Agron., 1965. part.1, cap.13, p.210-21.
- LUND, Z.F. Root development in dairy manure treated soil. *J. Environ. Qual.*, 7(4):473-7, 1978.
- MACHADO, M.O.; PAULETTO, E.A. & GOMES, A. da S. Influência da interação calcário x zinco na cultura do arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ, IRRIGADO, 11., Pelotas, 1981. Anais... EMBRAPA - UEPAE Pelotas, 1981. p.197-201.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do arroz irrigado. São Paulo, Ultrafertil, 1979. 64p.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. & BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia e Veterinária - UFRS, 1969. 29p. (Boletim Técnico).
- MOTA, F.S. da; BEIRSDORF, M.I.C. & GARCEZ, J.R.B. Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Pelotas, DNPEA/PEAS, 1971. 80p. (Circular, 50).
- MUGWIRA, L.M. Residual effects of dairy cattle manure on millet and rye forage and soil properties. *J. Environ. Qual.*, 8(2):251-5, 1979.
- PATELLA, J.F. Arroz em solo inundado: uso adequado de fertilizantes. São Paulo, Nobel, 1976. 76p.
- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.*, 24:29-96, 1972.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba,

- ba, Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- RAMASWAMI, P.P.; RAJ, D. & SELVARAJ, K.V. Effect of continuous application of manures and fertilizers on some of the physicochemical and microbiological properties of soil under irrigated condition. *Mysore J. Agric. Sci.*, 13:167-70, 1979.
- RAO, D.N. & MIKKELSEN, D.S. Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition. *Agron. J.*, 68(5):752-5, 1976.
- SCHMIDT, N.C. & GARGANTINI, H. Efeito da aplicação de calcário, matéria orgânica e adubos minerais em cultura de arroz, em solo de várzea irrigada. *Bragantia, Campinas*, 29(27):293-9, 1970.
- TEDESCO, M. & VOGEL, E. Avaliação da eficiência de adubo nitrohumomíneral. Porto Alegre, Fac. Agron., UFRS, 1980. 16p. (Mimeografado).
- TEIXEIRA, J.A. de O.S. Descarte de resíduos de curtume no solo. Porto Alegre, Fac. Agron., UFRS, 1981. 84p. Tese Mestrado.
- VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, DNPEA/DPP, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).