

EFEITO DA SUCESSÃO DE CULTURA E DO PREPARO DO SOLO SOBRE O RENDIMENTO DO ARROZ DE SEQUEIRO¹

PEDRO MARQUES DA SILVEIRA², FRANCISCO JOSÉ PFEILSTICKER ZIMMERMANN³ e ALEXANDRE MORAIS DO AMARAL⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de diferentes sucessões de cultura (S₁: arroz-feijão; S₂: soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão; S₃: arroz consorciado com calopogônio-feijão; e S₄: milho-feijão-milho-feijão-arroz-feijão) e sistemas de preparo do solo (P₁: arado/grade aradora; P₂: arado; P₃: grade aradora; e P₄: plantio direto) sobre o rendimento de grãos e os componentes de rendimento do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). O trabalho foi conduzido na Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAPF), em Goiânia, GO, em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, por três anos consecutivos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. O arroz foi cultivado anualmente nas sucessões S₁ e S₃, e trienalmente nas S₂ e S₄, nos meses de novembro - dezembro. Houve diminuição no rendimento de grãos de arroz nos três cultivos consecutivos na mesma área, e o calopogônio em consórcio prejudicou o rendimento do arroz. Os maiores rendimentos de grãos foram obtidos nas sucessões em que o arroz foi cultivado trienalmente. O índice de área foliar e a absorção de nutrientes foram mais baixos nas sucessões em que o arroz foi cultivado anualmente. O maior rendimento de grãos foi obtido no tratamento plantio direto.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, arado, grade aradora, plantio direto, sistema agrícola.

EFFECTS OF CROP SUCCESSION AND SYSTEMS OF SOIL PREPARATION ON YIELD OF UPLAND RICE

ABSTRACT - The objective of this work was to study the effect of different crop successions (S₁: rice-common bean; S₂: soybean-wheat-soybean-common bean-rice-common bean; S₃: rice associated with *Calopogonium muconoides*-common bean; and S₄: corn-common bean-corn-common bean-rice-common bean) and systems of soil preparation (P₁: moldboard plough/harrow disc; P₂: moldboard plough; P₃: harrow disc and P₄: no-tillage) on grain yield and on component yield of upland rice (*Oryza sativa* L.). The work was conducted at Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAPF), Goiânia, Goiás, Brazil, in a Dark Red Latosol, for three consecutive years. A complete randomized design was used. Rice was cultivated annually in successions S₁ and S₃ and every three years in S₂ and S₄ in the months of November and December. There was a reduction in grain yield of rice during the three successive cultivation, and *Calopogonium muconoides* was prejudicial for yield of rice crop. Higher yield of rice was obtained when it was cultivated in succession every three years. Leaf area index and nutrients absorption were lower in successions where rice was cultivated annually. The highest grain yield was obtained under no-tillage treatment.

Index terms: *Oryza sativa*, no-tillage, moldboard plough, harrow disc, agricultural system.

¹ Aceito para publicação em 26 de agosto de 1997.

² Eng. Agr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAPF), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. Bolsista do CNPq. E-mail: pmarques@cnpaf.embrapa.br

³ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-CNPAPF.

⁴ Eng. Agr., aluno do curso de Doutorado da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

INTRODUÇÃO

Grande parte da produção brasileira de arroz de sequeiro advém da Região Centro-Oeste. Até a década de 80, a cultura, conduzida durante a estação das chuvas e, assim, sujeita a estiagens temporárias, foi reconhecida como transicional para a implantação de pastagens ou de outras culturas, e de baixo nível de tecnologia.

Com o crescente aumento da irrigação por aspersão, pelo sistema pivô central, o arroz torna-se uma opção de cultivo dentro dos diferentes sistemas agrícolas existentes. Com a redução do risco dos veranicos, pela irrigação suplementar, o agricultor sente-se estimulado a usar maior nível de tecnologia. Entretanto, como se trata de um novo tipo de exploração, não estão claramente definidos aspectos como adubação, população de plantas, tipos de preparo do solo, cultivares, entre outros. Por isso, têm-se usado técnicas desenvolvidas para o sistema de cultivo de sequeiro tradicional, às vezes apenas com pequenas alterações.

Quando em sequeiro, o arroz é cultivado durante dois a três anos na mesma área, após os quais é utilizada para outro fim, pela visível diminuição na produtividade da cultura em cultivos anuais na mesma área. Trabalhos desenvolvidos em campo revelaram acentuada diminuição da produtividade da segunda safra quando o cultivo realizou-se no mesmo local (Chou & Lin, 1976; Nishio & Kusano, 1977; Ventura et al., 1984; Silveira et al., 1994). A diminuição da produtividade pelo cultivo contínuo na mesma área pode ocorrer em consequência de fatores isolados, ou mesmo em conjunto, tais como: patógenos do solo, exaustão dos nutrientes e acumulação de fitotoxinas (Ventura et al., 1984). Conforme a natureza da interferência, o fenômeno pode receber a denominação de alelopatia ou autotoxicidade.

Quando não há envolvimento de fatores essenciais ao crescimento e há inibição de uma cultura pelos resíduos da mesma espécie, denomina-se autotoxicidade; quando é decorrência de outra espécie, alelopatia (Hedge & Miller, 1990).

Há a sugestão de que os efeitos negativos dos restos culturais do arroz no cultivo subsequente sejam consequência da ação de patógenos (fungos, bactérias e nematóides) ou de insetos, que ao permanecerem no ambiente formado pelos resíduos da cultura promovem uma reinfestação do campo (Nishio & Kusano, 1977). Resultados de pesquisa (Ventura et al., 1984) demonstraram que os danos causados à cultura do arroz envolvem a presença de microrganismos, uma vez que após a esterilização do solo e dos resíduos da raiz pôde-se verificar aumento do rendimento nos solos anteriormente cultivados; porém quando o solo foi tratado com fungicida e as raízes não foram esterilizadas houve decréscimo na produtividade.

Estudos desenvolvidos no Japão concluíram que os efeitos detrimenais no arroz plantado no mesmo solo não foram causados pela autotoxicidade de seus restos culturais, mas pelos microrganismos que aí se desenvolveram (Nishio & Kusano, 1975), com identificação do fungo do gênero *Pyrenochaeta* como o provável fornecedor de substâncias nocivas à raiz do arroz.

Geralmente, são encontrados sete ácidos fenólicos nos solos com resíduos decompostos de arroz: ácido trans-p-cumárico, ácido cis-p-cumárico, ácido ferúlico, ácido vanílico, ácido siríngico, ácido p-hidroxibenzóico e ácido o-hidroxifenilacético (Chou et al., 1981). Porém, não há certeza sobre a origem das fitotoxinas que prejudicam a planta, sendo possível que resíduos da própria cultura, incorporados ao solo, liberem componentes químicos fitotóxicos, prejudicando o crescimento radicular dos “seedlings” e o desenvolvimento da planta (Chou & Lin, 1976).

O objetivo deste estudo foi verificar o comportamento do arroz de sequeiro em diferentes sucessões de culturas e sistemas de preparo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, por três anos consecutivos, na Fazenda Capivara, da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos de sucessões de cultura (subparcelas) foram: S₁: arroz-feijão; S₂: soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão; S₃: arroz consorciado com calopogônio-feijão; S₄: milho-feijão-milho-feijão-arroz-feijão; S₅: milho-feijão; e S₆: soja-trigo. O arroz, o milho e a soja foram semeados em novembro-dezembro e o feijão e o trigo, em maio-junho.

Os sistemas de preparo do solo (parcelas) foram: P₁: aração com arado de aiveca realizada em novembro-dezembro e grade aradora, em maio-junho; P₂: aração com arado de aiveca em ambos os períodos; P₃: aração com grade aradora em ambos os períodos; e P₄: plantio direto. No preparo do solo foram utilizados arado de três aivecas, operando na profundidade de 0,3 m, e grade aradora de 20discos, na profundidade de 0,15 m. Nos sistemas P₁, P₂e P₃ o preparo do solo foi complementado com grade destorroadora. No plantio direto utilizou-se semeadora adaptada.

Foram submetidos à análise de variância apenas os resultados obtidos na cultura do arroz, nos tratamentos S₁, S₂, S₃ e S₄ e nos sistemas de preparo do solo. Nos tratamentos S₁ e S₃, o arroz foi semeado anualmente, em sucessão ao feijão, no S₂ e S₄, trienalmente, após dois cultivos de soja, um de trigo e um de feijão, no S₂, e dois de milho e dois de feijão, no S₄.

O arroz foi semeado em 26/11/92 (Ano 1, ciclo de 140 dias, 906 mm de precipitação pluvial); 19/11/93 (Ano 2, ciclo de 138 dias, 1.232 mm) e 9/11/94 (Ano 3, ciclo de 139 dias, 1.198 mm), no espaçamento de 0,45 m entre linhas e com cerca de 100 sementes por metro. Foram usadas as cultivares Rio Paranaíba (Anos 1 e 3) e Caiapó (Ano 2). As sementes foram tratadas com carbofúram, nas doses de 0,350 kg i.a. (Ano 1) e 0,525 kg i.a. (Anos 2 e 3) para cada 100 kg de sementes.

No tratamento de plantio direto foi utilizado o herbicida glifosate na dose de 2,4 kg i.a./ha, sete dias antes da semeadura do arroz, e nos demais tratamentos, os herbicidas pendimethalin (Anos 1 e 2), em pré-emergência, na dose de 1,5 kg i.a./ha, e o oxidiazon (0,8 kg i.a./ha) no Ano 3.

A adubação básica foi de 300 kg/ha das fórmulas 2-29-17 (Ano 1), 4-30-16 + 20 kg/ha de FTE BR-12 (Ano 2) e de 400 kg/ha de 5-30-15 (Ano 3). Foram feitas duas adubações nitrogenadas em cobertura, respectivamente de 25 e 20 kg/ha de N (Anos 1 e 2) e de 30 e 30 kg/ha de N (Ano 3).

Na S₃, o calopogônio (*Calopogonium muconoides*) foi semeado entre as fileiras aos 34 dias (Ano 1), 48 dias (Ano 2) e 56 dias (Ano 3) após a semeadura do arroz, utilizando-se em torno de 3 kg de sementes/ha.

No Ano 3 determinou-se a área foliar com medidor de área marca LICOR, modelo LI 3000. O índice de área foliar (IAF), determinado na floração da cultura, foi obtido pela multiplicação da área foliar média de um perfilho, em m², pelo número de perfilhos por m² (Stone & Pereira, 1994).

Também na floração, coletaram-se amostras da parte aérea das plantas, dos diferentes tratamentos, para análise de N, P, K, Ca e Mg, conforme Embrapa (1979). No período da colheita do arroz foram determinados o rendimento de grãos, o número de panículas/m², o número de grãos por panícula e o peso de 100 grãos. Estes dados, juntamente com os de IAF e de absorção de nutrientes, foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos médios de grãos de arroz, nos diferentes anos, são apresentados na Tabela 1. Os dados são médias das sucessões S₁ e S₃, porque, nessas, o arroz foi semeado por três anos consecutivos na mesma área. Observa-se que as produtividades foram decrescentes ao longo dos anos, como encontrado por Ventura et al. (1984). O rendimento de grãos apresentou ligeira queda do Ano 2 para o Ano 3, a menor diferença entre esses anos em relação à observada do Ano 1 para o Ano 2, pode ser explicada, em parte, pela maior quantidade de adubo aplicada no Ano 3 (400 kg/ha), em comparação à aplicada anteriormente (300 kg/ha). Também foi usado no ano 3 maior quantidade de N em cobertura.

TABELA 1. Rendimento médio de grãos de arroz obtido nas sucessões arroz-feijão e arroz consorciado com calopogônio-feijão, em função do sistema de preparo do solo, nos três anos de cultivo na mesma área¹.

Sistema de preparo do solo	Ano 1 ²	Ano 2 ²	Ano 3 ²	Média ⁴
	------(kg/ha)-----			
Arado/grade	1975	1645	1712	1797 b
Arado	2160	1662	1684	1868 b
Grade	2515	1659	1581	1978 b
Plantio direto	2371	2191	2022	2212 a
Média	2255 a	1789 b	1750 b	

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² Cultivar Rio Paranaíba.

³ Cultivar Caiapó.

⁴ Média ponderada; Ano 1: 16 repetições; Ano 2 e Ano 3: 12 repetições.

Observa-se que, mesmo com a utilização adequada de insumos, as produtividades, principalmente nos dois últimos cultivos, foram muito baixas, podendo-se supor que a causa primária do decréscimo do rendimento esteja associada ao fenômeno da autotoxicidade da cultura. Bhowmik & Doll (1982) e Crookston & Kurle (1989) sugeriram que a toxicidade dos restos culturais seja a responsável pelo decréscimo de rendimento da cultura do milho, quando cultivado continuamente em um mesmo local. A alfafa tem apresentado também grande sensibilidade à utilização de áreas por ela já ocupadas (Hall & Henderlong, 1989).

Quanto aos sistemas de preparo do solo, a análise conjunta dos três anos, nas sucessões S₁ e S₃, mostrou efeito significativo sobre o rendimento do arroz (Tabela 1). O maior rendimento ocorreu no tratamento plantio direto. Entretanto, aquém do potencial da cultura, o qual é superior a 4.000 kg/ha. No sistema plantio direto,

há mobilização do solo apenas na linha de semeadura e os restos culturais da planta do arroz não são incorporados ao solo, como acontece quando se usa a grade aradora e os arados. Sendo assim, a possível autotoxicidade da palhada do arroz do cultivo anterior sobre as raízes da planta em desenvolvimento será menor, o que ajuda a explicar o maior rendimento obtido nesse tratamento. Também é provável que o plantio direto tenha diminuído a evaporação e aumentado o armazenamento e a infiltração da água no solo. Vieira (1981) e Sidiras et al. (1982) verificaram que os teores de água no solo sob plantio direto foram significativamente mais elevados que no solo sob preparo convencional. Barros & Hanks (1993), trabalhando com a cultura do feijoeiro, observaram que a cobertura morta aumentou a eficiência do uso de água e a produtividade do feijoeiro em todos os níveis de irrigação estudados. Entretanto, Stone et al. (1980), em Latossolo Vermelho-Escuro, obtiveram menores rendimentos de grãos de arroz de sequeiro com o uso do plantio direto, resultado atribuído à compactação do solo causada pelo tratamento. Os tratamentos que envolvem preparo do solo foram estatisticamente iguais entre si quanto ao rendimento de grãos. Tais resultados estão de acordo com Camp et al. (1984) que observaram que o preparo profundo do solo nem sempre aumenta a produção das culturas.

O número de panículas/m² e o peso de 100 grãos (Tabela 2) foram baixos, com reflexo no rendimento de grãos. Normalmente, o número de panículas/m² para uma alta produção de grãos estaria acima de 100. O peso médio de 100 grãos das cultivares Rio Paranaíba e Caiapó é de, respectivamente, 3,29 g e 2,64 g (Nova...,1994), superiores aos encontrados nos diferentes tratamentos.

TABELA 2. Número de panículas/m², número de grãos/panícula e peso de 100 grãos de arroz em função dos sistemas de preparo do solo (média dos Anos 2 e 3).

Sistema de preparo do solo	Nº panículas/m ²	Nº grãos/panícula	Peso 100 grãos (g)
Arado/grade	48,5	100,3	2,48
Arado	50,9	90,3	2,53
Grade	42,9	106,2	2,56
Plantio direto	52,6	101,7	2,64

No Ano 3, o arroz foi cultivado pela primeira vez na sucessão S₂ (após dois anos com soja seguida de trigo e feijão) e na S₄ (após dois cultivos de milho seguidos de feijão). A cultura do arroz apresenta grande diferença de produtividade quando cultivada trienalmente na mesma área em relação a cultivos anuais (Tabela 3). A produtividade foi 54,7% maior na S₂ e 73,2% maior na S₄ do que na S₁. Também, o número de panículas/m² e o IAF foram significativamente menores nas sucessões S₁ e S₃ em comparação com os da S₂ e S₄. Esses dados reforçam a informação de que o arroz deve ser cultivado na mesma área, a intervalos de pelo menos dois anos, até que se conheça e combata a causa da diminuição do rendimento da cultura em cultivos anuais consecutivos.

A S₃ teve produtividade significativamente menor que a S₁ mostrando que o calapogônio quando em consórcio com o arroz compete com esta cultura, e prejudica seu rendimento.

O maior rendimento de grãos de arroz foi obtido na sucessão S₄. Também a absorção de N, P, K, Ca e Mg pelas plantas foi maior que nas demais sucessões (Tabela 4), explicado, em parte, pelo maior IAF, o qual promove maior absorção de nutrientes e, por conseguinte, maior rendimento de grãos.

TABELA 3. Rendimento médio de grãos e seus componentes e índice de área foliar (IAF) do arroz, avaliados no terceiro ano (Ano 3), nas diferentes sucessões de cultura¹.

Sucessão de cultura ²	Rendimento (kg/ha)	Nº panículas/m ²	Nº grãos/panícula	Peso 100 grãos (g)	IAF (m ² /m ²)
A-F	2040 c	43 b	107 a	3,1 a	1,3 b
S-T-S-F-A-F	3156 b	66 a	91 a	3,1 a	2,4 a
A/C-F	1460 d	46 b	94 a	3,0 a	1,4 b
M-F-M-F-A-F	3534 a	61 a	96 a	3,1 a	2,5 a

¹ Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² A: arroz; F: feijão; M: milho; S: soja; T: trigo; C: calopogônio.

TABELA 4. Conteúdo de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de arroz, na floração, nas diferentes sucessões de cultura (Ano 3)¹.

Successão de cultura ²	N	P	K	Ca	Mg
	----- (kg/ha) -----				
A-F	55 c	20 c	31 c	8 c	4,1 c
S-T-S-F-A-F	72 b	29 b	47 b	11 b	5,9 b
A/C-F	57 c	22 c	34 c	9 c	4,5 c
M-F-M-F-A-F	83 a	36 a	51 a	12 a	6,7 a

¹ Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

² A: arroz; F: feijão; M: milho; S: soja; T: trigo; C: calopogônio.

CONCLUSÕES

1. Há diminuição do rendimento de grãos de arroz de sequeiro em cultivos consecutivos, na mesma área.
2. O calopogônio plantado em consórcio com arroz prejudica o rendimento desta cultura.
3. Maiores rendimentos de grãos de arroz são obtidos nas sucessões em que a cultura é cultivada trienalmente em relação a cultivos anuais.
4. O rendimento de grãos de arroz é maior no plantio direto.

REFERÊNCIAS

- BARROS, L.C.G.; HANKS, R.J. Evapotranspiration and yield of beans as affected by mulch and irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.692-697, 1993.
- BHOWMIK, P.C.; DOLL, J.D. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.4, p.601-606, 1982.
- CAMP, C.R.; CHRISTENBURY, G.D.; DOTY, C.W. Tillage effects on crop yield in coastal plain soils. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.27, n.6, p.1729-1733, 1984.
- CHOU, C.H.; CHIANG, Y.C.; CHENG, H.H. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. III. Effect of temperature on phytotoxin production during rice straw decomposition in soil. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.7, n.4, p.741-752, 1981.
- CHOU, C.H.; LIN, H.J. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.2, n.3, p.353-367, 1976.
- CROOKSTON, R.K.; KURLE, J.E. Corn residue effect on the yield of corn and soybean grown in rotation. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.2, p.229-232, 1989.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 282p.
- HALL, M.H.; HENDERLONG, P.R. Alfafa autotoxic fraction characterization and initial separation. **Crop Science**, Madison, v.29, n.2, p.425-428, 1989.
- HEDGE, R.S.; MILLER, D.A. Allelopathy and autotoxicity fraction characterization and effects of preceding crops and residue incorporation. **Crop Science**, Madison, v.30, n.6, p.1255-1259, 1990.
- NISHIO, M.; KUSANO, S. Effect of root residues on the growth of upland rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.21, n.4, p.391-395, 1975.
- NISHIO, M.; KUSANO, S. Problems in upland rice soil sickness. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOIL ENVIRONMENT AND FERTILITY MANAGEMENT IN INTENSIVE AGRICULTURE, 1977, Japan. **Proceedings...** Tokyo: Japan Central Agriculture Experimental Station, 1977. p.744-749.
- NOVA opção de cultivar de arroz de sequeiro Caiapó. [S.l.]: EMGOPA/EPAMIG/ EMPAER-MT/EMPAER/Embrapa-CPAMN-CNPAF, 1994. Folder.
- SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C.; DERPSCH, R. Comparison of three different tillage systems with respect to aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an oxisol. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, 9., 1982, Osijek, Yugoslavia. **Proceedings...** [S.l.]: ISTRO, 1982. p.537-544.

- SILVEIRA, P.M. da; SILVA, S.C. da; SILVA, O.F. da; DAMACENO, M.A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1243-1252, 1994.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos do espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.10. p.1577-1592, 1994.
- STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos; STEINMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e no rendimento de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.63-68, 1980.
- VENTURA, W.; WATANABE, I.; KOMADA, H.; NISHIO, M.; DE LA CRUZ, A.; CASTILLO, M. **Soil sickness caused by continous cropping of upland rice, mungbean and other crops**. Manila: IRRI, 1984. 13p. (IRRI. Research Paper Series, 99).
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR (Londrina, PR). **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. p.18-32. (IAPAR. Circular, 23).