

MANEJO DO SOLO E O RENDIMENTO DE SOJA, MILHO, FEIJÃO E ARROZ EM PLANTIO DIRETO¹

João Kluthcouski², Antônio Luiz Fancelli³; Durval Dourado-Neto^{3,5*}; Cristina Maria Ribeiro⁴; Luiz Antônio Ferraro⁴

²Embrapa Arroz e Feijão, C.P. 179 - CEP: 75375-000 - Santo Antônio de Goiás, GO.

³Depto. de Produção Vegetal - USP/ESALQ, C.P. 9 - CEP: 13418-900 - Piracicaba, SP.

⁴Pós-Graduando do Depto. de Produção Vegetal - USP/ESALQ.

⁵Bolsista CNPq.

*Autor correspondente <dourado@carpa.ciagri.usp.br>

RESUMO: O sistema de plantio direto tem sido adotado expressivamente por agricultores do cerrado brasileiro. Contudo, seu uso continuado em regiões tropicais, com insuficiência de cobertura do solo e sucessivas adubações superficiais, pode resultar em alterações nos parâmetros do solo, como compactação e acúmulo de nutrientes na superfície, e na baixa expressão do potencial produtivo das culturas. O presente estudo teve como objetivo principal verificar o efeito de quatro sistemas de manejo de solo (plantio direto; grade aradora; escarificação profunda e aração profunda) associados com três níveis de adubação fosfatada e potássica (sem adubação, recomendação oficial e equivalente a exportação pelas colheitas) sobre o rendimento das culturas do milho, soja, feijão e arroz em área submetida a plantio direto durante oito anos. Os experimentos com soja, milho, arroz e feijão foram conduzidos em um Latossolo Roxo eutrófico no esquema de faixas e delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Avaliou-se ainda o rendimento de grãos. Não houve resposta da soja aos diferentes manejos do solo nem aos níveis de adubação. Já a aração profunda resultou nos maiores rendimentos de milho, arroz e feijão, sendo intermediários os efeitos devidos à escarificação. Exceto para o feijão, nestas culturas também não se verificou efeito da adubação.

Palavras-chave: plantio direto, rendimento, soja, milho, arroz, feijão

YIELD OF SOYBEAN, CORN, COMMON BEAN AND RICE UNDER NO-TILLAGE MANAGEMENT

ABSTRACT: The no-tillage cropping system is widely adopted in the Brazilian savannah region (cerrado). However, the continuous use of this system under tropical conditions with insufficient mulching and successive superficial fertilizations, can alter soil chemical and physical properties, causing problems of soil compaction and excessive accumulation of nutrients in the soil surface layer, decreasing the yield potential. The present study had as main objective to verify the effect of four systems (no tillage; heavy harrowing; deep chiseling and deep moldboard plowing) of soil management associated with three levels of phosphorus and potassium fertilization (no fertilizer application, recommended fertilization, reposition of nutrients removed by grains) on the yield of corn, soybean, bean and rice crops in area submitted to eight years of no-tillage. The experiments of corn, soybean, upland rice and bean were conducted using a randomized complete block design, in strip plots with four replications on a Oxisol of high fertility. Soil management or fertility did not affect soybean yield while moldboard plowing significantly increased corn, rice and common bean yields. The bean crop also showed positive effects of phosphorus and potassium applications.

Key words: no-tillage, yield, corn, soybean, common bean, upland rice

INTRODUÇÃO

Em termos gerais, a intensa mobilização dos solos tropicais traz como consequência sua desagregação superficial, sujeita à formação de uma fina crosta resultante da dispersão das partículas do solo, e ainda outra camada subsuperficial compactada, resultante tanto da pressão exercida pelo peso dos implementos agrícolas como pela ação direta dos pneus (Castro et al., 1987). No cerrado, como nas demais regiões tropicais, a mineralização da matéria orgânica chega a ser cinco vezes mais rápida do que aquela observada em regiões temperadas (Sanchez & Logan, 1992), o que, via de regra, sobrepõe à

possibilidade de reposição nos sistemas convencionais de manejo dos solos e das culturas (Derpsch, 1997a).

A desestruturação do solo, a compactação e a redução nos teores de matéria orgânica são considerados os principais indutores da degradação dos solos agrícolas. Tal degradação, com todas as suas implicações e nefastas consequências, tem resultado no desafio de viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, criando-se novos paradigmas tecnológicos baseados na sustentabilidade. No novo conceito de sistema agrícola produtivo, a fertilidade do solo assume uma abrangência maior que a habitual, expressada apenas nos parâmetros de acidez,

¹Parte da tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à USP/ESALQ - Piracicaba, SP.

disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica. Os parâmetros físicos, como armazenamento e conservação de água, armazenamento e difusão do calor e permeabilidade ao ar e à água, passam a ter relevância na avaliação da fertilidade do solo (Denardin & Kochhann, 1993). Neste contexto, o emprego efetivo do sistema de plantio direto, em função de suas prerrogativas básicas, mostra-se muito mais importante e eficiente para as regiões tropicais e subtropicais exploradas com agricultura (Fancelli & Favarin, 1989a).

Estima-se que em todo o mundo sejam cultivados mais de 40 milhões de hectares no sistema de plantio direto (Hebblethwaite, 1997), sendo dez milhões nos países que compõem o Mercosul (Derpsch, 1997b). Segundo Balbino et al. (1996), no Brasil, na safra 1995/96, foram cultivados 4,5 milhões de hectares com este sistema, sendo 1,4 milhões no cerrado.

Segundo Muzilli (1981b), as razões para a acentuada adoção deste sistema são: controle da erosão, ganho de tempo para o plantio; economia de combustível; melhor estabelecimento da cultura; maior retenção de água no solo; economia de mão-de-obra e em máquinas e implementos.

No cerrado, a grande evolução na adoção observada nos últimos anos deu-se graças a solução parcial ou total dos problemas de primeira geração, tais como a formação e manutenção de cobertura morta, correção das propriedades físicas e químicas do perfil do solo, mecanização do plantio, manejo das plantas daninhas, dentre outros. Entretanto, sob as condições climáticas reinantes neste bioma, tem sido difícil a formação e principalmente a manutenção de volume de palhada, em quantidade suficiente para proteger plenamente a superfície do solo. Isto, aliado a intensa movimentação de máquinas e implementos, pode favorecer o surgimento de problemas de segunda geração, ou aqueles decorrentes do uso continuado do sistema de plantio direto, tais como: recompactação/readensamento do solo; salinização devido à constante deposição dos fertilizantes minerais na superfície.

Aumento na compactação do solo devido ao uso continuado do sistema de plantio direto tem sido relatado por Castro (1989), Gill et al. (1996). Na maioria dos casos, estes autores registraram redução na macroporosidade e aumento da massa específica e microporosidade do solo. Já que o uso intensivo da área, seja para a produção de grãos ou cobertura morta, é uma das prerrogativas do plantio direto, e as freqüentes adubações são feitas na camada superficial, é evidente que haja um acúmulo de nutrientes na profundidade de adubação, principalmente aqueles menos móveis ou imóveis (Sá 1993, Muzilli 1983 e 1984, Franzluebbers & Hons 1996). Os principais nutrientes que se acumulam na superfície são o P, Ca, Mg e o K. Melhor rendimento de grãos devido a adubação profunda foi registrado por Kluthcouski et al. (1982) na cultura do feijão e por Alonço & Ferreira (1992) e Barber (1985) na cultura do milho.

Ausência de resposta ou pequenos efeitos de adubação fosfatada e/ou potássica em solos de média a alta fertilidade têm sido relatados por Mallarino (1997), Pöttker (1997) e Sá (1997) na cultura do milho, Sá (1997) e Kochhann & Denardin (1997) na cultura da soja, e Fageria et al. (1988, 1995) na cultura do arroz.

O rendimento de grãos na maioria das culturas sob diferentes manejo do solo depende, dentre outros, das condições climáticas do ano agrícola, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Por estas razões, tem sido bastante variável, na literatura, o comportamento das culturas sob diferentes manejos do solo. É preciso destacar, contudo, que nos anos em que ocorre deficiência hídrica perdas de rendimento quase sempre são registradas (Fageria et al., 1995; Carmo, 1997).

A soja é, dentre as principais cultura, uma das que melhor se adaptam ao sistema de plantio direto e, de um modo geral, os resultados de literatura indicam que os rendimentos desta cultura, ao se considerar o efeito médio de várias safras, geralmente se equívalem nos diferentes sistemas de manejo do solo, com pequena vantagem para o plantio direto (Muzilli, 1981a; Landers, 1995). Entretanto, superioridade no rendimento desta cultura devido à aração ou escarificação foi relatada por Kochhann & Denardim (1997), Balbino & Oliveira (1992) e Guedes et al. (1978). Na maioria dos estudos que envolvem a grade aradora, registraram-se os piores rendimentos de soja.

Na cultura do milho os resultados referentes aos diferentes manejos do solo são também bastante diferenciados. Maiores rendimentos de milho no sistema de plantio direto, em relação a outros sistemas de manejo do solo, foram relatados por Hernani (1997) e Ismail et al. (1994), e menores por Oliveira et al. (1989), Balbino et al. (1994) e Fancelli & Favarin (1989b).

Apesar das escassas pesquisas conduzidas com a cultura do feijão, Mullins et al. (1988) e Landers (1995) mencionaram que não há diferença no rendimento do feijoeiro nos diversos sistemas de manejo do solo, enquanto Siqueira et al. (1993) obtiveram melhores rendimentos desta leguminosa no manejo com aração. Superioridade do plantio direto no rendimento do feijoeiro foi observada por Silva et al. (1996) e Merten (1994).

O arroz parece ser, dentre a maioria das culturas, o menos adaptado ao sistema de plantio direto, sendo que as razões desta observação ainda carecem de informações mais precisas. Segundo Seguy et al. (1989), o arroz é, dentre todos os cultivos, o mais sensível à qualidade do perfil do solo, quaisquer que sejam as condições climáticas. Neste sentido, Seguy & Bouzinac (1992) obtiveram os menores rendimentos no sistema de plantio direto, sendo intermediários para o preparo com grade aradora e melhores com a aração profunda. Menores rendimentos do arroz no sistema de plantio direto também foram registrados por Stone et al. (1980).

O presente estudo teve como objetivo principal verificar o efeito de quatro sistemas de preparo de solo

associado com três níveis de adubação sobre o rendimento das culturas do milho, soja, feijão e arroz em área submetida a plantio direto durante oito anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Três Irmãos, no município de Santa Helena, região Sudoeste do Estado de Goiás, a 17°48'49" de latitude Sul e 50°35'39" de longitude Oeste e altitude aproximada de 615 m. A área experimental pertence a gleba 3-A, cultivada sob irrigação nas duas últimas décadas, sendo de 1988 a 1996 sob plantio direto e, ultimamente, explorada com cerca de três culturas por ano agrícola.

O solo é classificado como Latossolo Roxo eutrófico, com textura franco-argilo arenosa no perfil 0-20 cm e argiloso de 20 a 40 cm. Os dados referentes às características químicas e físicas são mostrados nas TABELAS 1 e 2.

A cobertura do solo com resíduos vegetais em outubro de 1996, por ocasião de implantação dos experimentos de soja, milho e arroz, foi de aproximadamente 60% com cerca de 3,7 t/ha de matéria seca. Para o experimento com feijão, implantado em junho de 1997, registraram-se 6,7 t/ha de matéria seca sobre a superfície do solo.

Os quatro experimentos foram conduzidos em faixas no delineamento de blocos completos casualizados, com quatro repetições.

As culturas da soja, milho, arroz e feijão foram submetidas, separadamente, a quatro manejos de solo: plantio direto (PD); escarificação profunda (EP); grade aradora (GA) e aração profunda com aivecas (AP), e a três níveis de adubação, com variação conjunta de P e K: adubação baseada na recomendação oficial para o Estado de Goiás (TO); correspondente às quantidades de P e K exportados pelas colheitas esperadas (Eg) e sem aplicação de P e K (Testemunha). Todas as culturas, em todos os tratamentos, receberam adubação de micronutrientes e, exceto para a soja, adubação nitrogenada no plantio e em cobertura (TABELA 3).

Os experimentos com soja, milho e arroz foram conduzidos no período de verão do ano agrícola 1996/

97, em regime de sequeiro e o de feijão em sucessão ao arroz, no período de inverno de 1997, com irrigação por aspersão, pelo sistema de autopropelido.

As operações de adubação e semeadura foram realizadas de forma simultânea e mecanicamente, utilizando-se a semeadora marca Semeato, modelo PAR 2800.

As sementes de soja, cv. FT Estrela, milho híbrido BR 3123, arroz cv. Caiapó e feijão cv. Jalo Precoce foram devidamente tratadas e semeadas no espaçamento de 0,45; 0,90, 0,45 e 0,45 m, respectivamente, e na mesma ordem, na densidade de 22-24, 7-8, 80-90 e 12-14 sementes/m. As parcelas úteis foram de 21,6 m²; 18 m²; 21,6 m² e 9,9 m², para os experimentos com soja, milho, arroz e feijão, respectivamente.

As operações de ceifa ou arranquio, trilha e limpeza dos grãos foram realizadas manualmente para todas as culturas. A medição de umidade e a pesagem foram realizadas em seqüência e o peso final foi corrigido para 13% de umidade.

A variável produção foi analisada conforme o esquema de experimento em faixas no delineamento de blocos completos casualizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de chuvas durante o período de outubro/96 e março/97, apresentou variação em relação à média dos anos anteriores. Nos meses de novembro e dezembro ocorreu excesso de chuvas, totalizando mais de 800 mm, enquanto que, em fevereiro e março ocorreram quatro veranicos, entre 9 e 18 dias cada, e as chuvas totalizam 236 mm.

Produção de milho relacionada com preparo de solo e adubação

O rendimento médio do milho foi relativamente baixo em função das condições climáticas do ano agrícola, o que, possivelmente, prejudicou a manifestação da cultura aos tratamentos aplicados. Tanto o excesso de chuvás, com conseqüente redução na luminosidade, como o intenso ataque de *Phaeosphaeria maydis*, a partir do pendoamento, podem ter afetado negativamente a

TABELA 1 - Análise química de um Latossolo Roxo Eutrófico referente à gleba 3-A, cultivado no sistema de plantio direto no período 1988/1996.¹ Fazenda Três Irmãos. Santa Helena, GO.

Profundidade (cm)	pH (água) (2:1)	Ca	Mg	Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O. (g/kg)
		----- cmol/L -----			----- mg/L -----						
0-5	5,7	5,7	2,5	0,09	40,6	164,2	2,9	11,7	20,6	73,2	31,3
5-10	5,8	4,7	1,5	0,08	30,1	156,3	2,8	6,1	18,6	55,2	22,2
10-20	5,9	4,8	1,4	0,07	16,1	149,6	2,7	4,0	17,4	53,3	20,9
20-40	6,2	4,0	1,3	0,01	4,5	107,5	3,1	1,4	22,3	41,9	15,6
40-60	6,3	3,0	1,3	0,01	1,3	76,2	3,4	1,1	28,1	30,4	12,2

¹ Média de 5 repetições com 6 subamostras/amostra. Amostras coletadas imediatamente antes da implantação dos experimentos de soja, arroz e milho

TABELA 2 - Porosidade e densidade no perfil do solo referente à gleba 3-A, mantido sob plantio direto no período 1988-96. Fazenda Três Irmãos. Santa Helena, GO.¹

Tratamentos	Microporosidade	Macroporosidade	Porosidade Total	Massa específica do solo
	----- (%) -----			(g/cm ³)
Experimento/Cultura				
Arroz	44,1 a	10,1 a	54,3 a	1,17 b
Soja	47,0 a	9,5 a	54,5 a	1,23 ab
Milho	47,9 a	9,2 a	57,1 a	1,23 a
DMS	5,10	3,00	4,16	0,05
CV (%)	16,0	45,42	10,94	6,61
Profundidade (cm)				
0-5	46,8 a	9,3 b	56,2 ab	1,19 b
5-10	47,5 a	7,2 b	54,8 bc	1,27 a
10-20	47,7 a	6,7 b	53,3 a	1,27 a
20-40	46,2 a	9,7 b	54,9 bc	1,19 b
40-60	43,6 b	15,1 a	57,7 a	1,13 c
DMS	2,03	3,08	2,10	0,06
CV (%)	8,34	35,56	5,29	6,87

¹Média de 4 repetições e 2 amostras por repetição. Amostras coletadas imediatamente antes da implantação dos experimentos de soja, arroz e milho.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem ao nível de P = 0,05 pelo teste de Tukey.

cultura. Ainda assim, o rendimento de grãos foi significativamente superior na aração em relação aos demais manejos.

A escarificação resultou em ligeiro acréscimo no rendimento de grãos em relação à grade aradora e ao plantio direto, e tendo sido reportada como o melhor método de manejo do solo para a cultura por Edwards et al. (1988), Hernani (1997) e Uhde et al. (1996) enquanto que a grade aradora foi citada como o pior dos métodos (Oliveira et al. 1989 e Balbino et al. 1994).

A produção de grãos não foi afetada pela adubação. Pöttker (1997) não verificou resposta do milho, em solo com 43% de argila e sob plantio direto, à adubação fosfatada, quando o teor de P excedeu a 13,6 mg/dm³, concluindo ser possível realizar vários cultivos sem adição deste nutriente. Em outro solo, com 63% de argila e P em torno de 4,3 mg/dm³, houve resposta apenas ao incremento da matéria seca. A alta fertilidade do Latossolo roxo testado mostrou ser suficiente para a produção desta leguminosa (TABELA 1).

Produção de soja relacionada com preparo de solo e adubação

A soja tem sido, dentre as principais culturas, a mais adaptada ao cerrado brasileiro e demonstrou ser a espécie mais adaptada também ao sistema de plantio direto, independente das possíveis restrições de adensamento do solo ou concentração superficial de nutrientes sobre o rendimento de grãos. A maior parte dos trabalhos desenvolvidos com esta cultura tem mostrado tendência semelhante aos resultados obtidas na

experimentação com pequena vantagem para o plantio direto (Torres et al., 1988; Oliveira et al., 1989; Balbino & Oliveira, 1992). Os níveis de adubação, da mesma forma que foi registrado com a cultura do milho, não afetaram o rendimento de grãos (TABELA 4).

Produção de feijão relacionada com preparo de solo e adubação

Para o feijoeiro, observou-se efeito significativo do manejo do solo com a aração no rendimento médio de grãos, estando em consonância com os resultados obtidos por Mullins & Straw (1988). Este resultado difere, no entanto, dos alcançados por Silveira e Silva (1996) e Urchei (1966) que observaram ligeira superioridade do plantio direto sobre o manejo convencional do solo no rendimento de grãos desta leguminosa, principalmente sob irrigação, no período de inverno. Contudo, os resultados diferenciais com o plantio direto dependem da umidade do solo ou da quantidade de água aplicada na irrigação.

Produção de arroz de terras altas relacionada com o preparo de solo e adubação

Os resultados obtidos com o manejo que movimentaram maior volume de solo e romperam a camada adensada como a aração e escarificação, demonstram ser o arroz uma planta altamente sensível às condições de porosidade do solo, confirmando as observações de Seguy et al. (1989) que relatam ser esta gramínea bastante sensível à condição de baixa macroporosidade no solo, independente das condições hídricas do ano agrícola.

TABELA 3 - Níveis de adubação utilizados para as culturas.

Cultura ¹ (rendimento esperado) ⁶		N ² (base)	N ³ (cobertura)	P ₂ O ₅ ⁴	K ₂ O ⁵	FTE BR-12
-----kg/ha-----						
Milho (9 t/ha)	T	30	30 + 90	0	0	30
	To	30	30 + 90	60	40	30
	Eg	30	30 + 90	83	55	30
Arroz (4 t/ha)	T	30	30	0	0	30
	To	30	30	30	30	30
	Eg	30	30	37	48	30
Soja (3 t/ha)	T	0	0	0	0	30
	To	0	0	60	40	30
	Eg	0	0	35	65	30
Feijão (2,5 t/ha)	T	30	70	0	0	30
	To	30	70	60	30	30
	Eg	30	70	23	45	30

¹ T = Testemunha; To = Recomendação oficial para o Estado de Goiás; (COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DE GOIÁS), 1988; Eg = exportação via grãos.

Fontes: ² uréia; ³ sulfato de amônio; ⁴ superfosfato simples; ⁵ cloreto de potássio.

⁶ Exportação/ton de grãos (valores aproximados).

Milho - 4.0 e 5.1 kg P e K, respectivamente. (Hiroce et al., 1989, e extraído de Büll, 1993).

Arroz - 4.0 e 10.0 kg P e K, respectivamente. (extraído de Malavolta, 1967 e Fageria et al., 1995).

Soja - 5.0 e 8.0 kg P e K, respectivamente. (Tanaka et al., 1993; Lazarini et al., 1995).

Feijão - 4.0 e 15.0 kg P e K, respectivamente. (Gallo & Miyasaka, 1961; Cobra Neto et al., 1971).

Os níveis de adubação, no entanto, não afetaram o rendimento, havendo apenas tendências a maiores rendimentos nos níveis mais altos de adubação potássica e fosfatada. O arroz de terras altas, no cerrado, tem mostrado elevada adaptação aos solos de baixa fertilidade e ácidos de acordo com Kluthcouski et al. (1995).

Análise conjunta das culturas

Culturas e manejo do solo

As culturas comportaram diferentes em relação ao preparo de solo. O arroz de terras altas foi a cultura que apresentou maiores rendimentos nos solos perturbados, principalmente nos manejos que romperam a camada adensada como a aração e a escarificação. Estes manejos facilitam maior desenvolvimento do sistema radicular (Figura 1) demonstrando, esta cultura ser altamente sensível às condições de porosidade do solo e confirmando as observações de Seguy et al. (1989) e Seguy & Bouzinac (1992). Esta gramínea é bastante sensível à condição de arejamento e, por isso, responde ao aumento de macroporosidade criado pelo manejo. O rendimento de grãos do milho e do feijão foram significativamente superiores na aração em relação aos demais manejos. Não houve efeito dos manejos de solo sobre o rendimento de grãos de soja. O comportamento do milho sugere relativa sensibilidade da cultura à compactação do solo ou um possível efeito negativo decorrente da cobertura morta criada no plantio direto (Steinhardt 1983; Fancelli & Favarin 1989a; Oliveira et al. 1989; Balbino et al. 1994).

O arroz de terras altas, dentre as culturas testadas, mostrou ser a menos adaptado às condições de solo sob plantio direto, apresentando resultados negativos na produção de grãos. Contudo, o efeito geral do revolvimento do solo, com qualquer implemento, em relação ao plantio direto, foi de até 46% no rendimento de grãos, semelhante aos obtidos por Stone et al. (1980) e Seguy & Bouzinac (1992).

Cultura e adubação

O milho, a soja e o arroz não responderam a nenhuma modalidade de adubação. Apenas o feijão respondeu à adubação necessária para a reposição das exportações pela colheita. Não se tem obtido resposta do milho à adubação fosfatada em solos com teores de acima de 14 mg/kg (Raj et al. 1981) em São Paulo e no estado do Paraná esta cultura tem respondido à adubação em solos com teores inferiores a 16 mg/kg de fósforo (Muzilli et al. 1989), classificado como muito alto. O solo experimental apresentava teores de fósforo em torno de 40 mg/kg. Mallarino (1997), verificou que no cultivo do milho, em 26 condições distintas de solo, houve resposta à adubação fosfatada em apenas seis locais, onde o fósforo no solo foi classificado como deficiente ou muito deficiente com a adição de 30 kg/ha de P₂O₅. Da mesma forma, Sá (1997), não observou resposta desta cultura a doses superiores a 30 kg/ha de P₂O₅, em solo com teor de fósforo da ordem de 10 mg/kg, no perfil 0-10 cm. concluindo que o fósforo é o nutriente que permite maior economia no plantio direto.

TABELA 4 - Efeito do manejo do solo e da adubação sobre o rendimento de milho, soja, arroz e feijão. Fazenda Três Irmãos. Santa Helena. GO.

Tratamentos		Rendimento (kg/ha)			
		Milho	Soja	Arroz	Feijão
Manejo²/Adubação³					
PD	T	5867	3554	2394	2247
	To	6032	3498	2538	2328
	Eg	5928	3509	2614	2525
		5942 b	3520 a	2515 c	2367 b
GA	T	5729	3548	2765	2174
	To	6103	3619	2990	2041
	Eg	6054	3611	3287	2517
		5962 b	3593 a	3014 b	2244 b
EP	T	6021	3512	3246	2315
	To	5881	3665	3084	2273
	Eg	6107	3568	3239	2460
		6003 b	3582 a	3189 b	2349 b
AP	T	6569	3493	3614	2565
	To	6695	3703	3554	2681
	Eg	6762	3570	3854	2826
		6675 a	3589 a	3674 a	2691 a
DMS (média)		457,38	225,56	264,21	213,90
CV (%)		5,84	4,96	6,69	9,83
Adubação					
T		6047 a	3527 a	3004 a	2325 b
To		6164 a	3621 a	3041 a	2331 b
Eg		6203 a	3565 a	3248 a	2582 a
DMS		473,38	318,35	254,40	219,80
CV (%)		7,10	8,22	7,69	11,87
Man x Adub		ns	ns	ns	ns

¹ Média de quatro repetições.

² PD = plantio direto; GA = grade aradora; EP = escarificação profunda; AP = aração profunda.

³ T = Testemunha; To = recomendação oficial para a região; Eg = reposição das exportações pela colheita.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem ao nível de P = 0,05 pelo teste de Tukey.

Bordoli & Mallarino (1998), verificaram resposta do milho à adubação fosfatada em solos com menos de 17 mg/kg de fósforo, extraído pelo método Bray I. Para o potássio, estes autores verificaram relação positiva desta cultura apenas quando o solo apresentava menos de 0,10 meq/100 g.

A soja tem respondido apenas a doses leves de fósforo. Kochhann & Denardin (1997) não verificaram resposta da cultura à dose superior a 20 kg/ha de P₂O₅ no sistema de plantio direto, enquanto Pöttker (1997) observou resposta à adubação fosfatada apenas quando o P no solo era igual ou inferior a 4,3 mg/kg. A partir de 13,6 mg/kg, nenhuma resposta foi verificada. Mallarino (1997), em 26 locais avaliados, observou resposta da soja à adubação fosfatada em quatro, nos quais o fósforo no solo foi classificado como muito baixo, entre 0 e 8 mg/kg, permitindo recomendar que, em solos com alto teor de fósforo, deve-se aplicar somente o equivalente à exportação pela colheita. Neste mesmo estudo, este autor verificou

resposta da soja à adubação potássica em três dos 15 locais avaliados, assim mesmo na dosagem máxima de 35 kg/ha de K₂O.

A exigência do arroz ao fósforo difere entre cultivares. Fageria et al. (1988), avaliaram 25 cultivares de arroz em solos com teor de P de 1,5 e 5,0 mg/kg e observaram, para a maioria deles, que houve pouca diferença no rendimento de grãos entre as duas situações. Estes autores relataram ainda que o arroz de terras altas tem respondido menos à adubação potássica que o irrigado. Em outro estudo, Fageria et al. (1995), avaliando 19 cultivares de arroz de terras altas de ciclo médio e 10 de ciclo curto, em solo com 2,2 e 61 mg/kg de P e K, respectivamente, verificaram que os cultivares precoces responderam à aplicação de até 60 kg/ha de P₂O₅, enquanto os de ciclo médio, em geral, além de não responderem, sofreram, em alguns casos, ligeiro decréscimo de rendimento no nível mais alto de P₂O₅, 60 kg/ha.

CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi conduzido, considerando as variações na pluviosidade e altos teores de nutrientes no solo, os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- A quase generalizada ausência de resposta das culturas à adubação indica que a partir de certa concentração de nutrientes no solo, há necessidade de mudança nas quantidades de nutrientes a serem aplicadas para manutenção da fertilidade do solo e obtenção de altos rendimentos.
- As culturas da soja e do feijão apresentam melhor adaptabilidade ao sistema de plantio direto do que o milho e, principalmente, do que o arroz.
- A pouca adaptação do arroz ao sistema de plantio direto é, basicamente, devida ao adensamento do solo e redução na macroporosidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONÇO, A.S.; FERREIRA, O.O. Incorporação profunda de fertilizantes e calcário: sua influência na produção de milho (*Zea mays* L.) sob stress hídrico e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um solo cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., Londrina, 1991. **Anais**. Londrina : SBEA, 1992. p.1206-1225.
- BALBINO, L.C. MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G. da; Plantio direto. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba : POTAFOS, 1996. p.301-352.
- BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, E.F. Efeito de sistemas de preparo do solo no rendimento de grãos de trigo, soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., Londrina, 1991. **Anais**. Londrina : SBEA, 1992. p.1354-1360.
- BALBINO, L.C.; OLIVEIRA, E.F.; RALISCH, R. Desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) submetido a três sistemas de manejo em um Latossolo Roxo eutrófico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., Goiânia, 1994. **Resumos**. Goiânia : ABMS, 1994. p.221.
- BARBER, S.A. Fertilizer rate and placement effects on nutrient uptake by soybeans. In: WORD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., Ames, 1984. **Proceedings**. Boulder : Westview, 1985. p.1007-1115.
- BORDOLI, J.M.; MALLARINO, A.P. Deep and shallow banding of phosphorus and potassium as alternating to broadcast fertilization for no-till corn. **Agronomy Journal**, v.90, n.1, p.27-33, 1998.
- CARMO, D.A.S. Algumas considerações sobre agricultura irrigada na região dos cerrados. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 7., Brasília, 1989. **Estratégias de utilização**; anais. 2.ed. Planaltina : EMBRAPA, CPAC, 1997. p.87-97.
- CASTRO, O.M. de. Compactação do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L. (Coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba : FEALQ/ESALQ, 1989. p.129-139.
- CASTRO, O.M. de; VIEIRA, S.R.; MARIA, I.C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, Campinas, 1987. **Anais**. Campinas : Fundação Cargill, 1987. p.27-51.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo : Aldeia Norte, 1993. p.19-27.
- DERPSCH, R. Importância de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agrícola. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., Mar del Plata, 1997. **Conferências**. s.l. : s.ed., 1997a. p.153-176.
- DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. (Ed.) **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília : EMBRAPA, SPI, 1997b. p.29-48.
- EDWARDS, J.H.; THURLOW, D.L.; EASON, J.T. Influence of tillage and crop rotation on yield of corn, soybeans and wheat. **Agronomy Journal**, v.80, p.76-80, 1988.
- FAGERIA, N.K.; SANTANA, E.P.; MORAIS, O.P. de. Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.9, p.1155-1161, 1995.
- FAGERIA, N.K.; MORAIS, O.P.; BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J. Response of rice cultivars to phosphorus supply on an oxisol. **Fertilizer Research**, v.16, p.195-206, 1988.
- FANCELLI, A.L.; FAVARIN, J.L. Realidade e perspectivas para o sistema de plantio direto no Estado de São Paulo. In: FANCELLI, A.L. (Coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba : FEALQ/ESALQ, 1989a. p.15-34.
- FANCELLI, A.L.; FAVARIN, J.L. Desempenho da cultura do milho em plantio direto e convencional. In: FANCELLI, A.L. (Coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba : FEALQ/ESALQ, 1989b. p.174-175.
- FRANZLUEBBERS, S.; HONS, F.M. Soil: profile distribution of primary and secondary plant available nutrients under conventional and no tillage. **Soil & Tillage Research**, v.39, p.229-239, 1996.
- GILL, K.S.; GAJRI, P.R.; CHOUDHARY, J. Tillage, mulch and irrigation effects on corn (*Zea mays* L.) in relation to evaporative demand. **Soil & Tillage Research**, v.39, p.213-227, 1966.
- GUEDES, L.V.M.; WILES, T.L.; VEDDATO, R.D. Sistema de manejo do solo de longo prazo com comparações entre plantio direto, preparo mínimo e plantio convencional. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1., Londrina, 1978. **Anais**. Londrina : EMBRAPA, CNPSO, 1978. v.1. p.59-65.
- HEBBLETHWAITE, J. F. The contribution of no-till to sustainable and environmentally beneficial crop production: a global perspective. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., Mar del Plata, 1997. **Conferências**. s.l. : s. ed., 1997. p.79-90.
- HERNANI, L.C. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho**: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA, CPAO, 1997. p.39-67. (Circular Técnica, 5).
- ISMAIL, I.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.1, p.193-198, 1994.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; TEIXEIRA, M.G. Profundidade de incorporação de adubos para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. **Anais**. Goiânia : EMBRAPA, CNPAF, 1982. p.142-143. (Documentos, 1).
- KLUTHCOUSKI, J.; PINHEIRO, B.S.; YOKOYAMA, L.P. O arroz nos sistemas de cultivo do cerrado. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9., Goiânia, 1994. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia : EMBRAPA, CNPAF, 1995. v.1. p.95-115. (Documentos, 60).

- KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. Comportamento das culturas de trigo, soja e milho à adubação fosfatada no sistema de plantio direto e preparo convencional. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, 1997. **Anais**. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1997. p.243-246.
- LANDERS, J.N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia : APDC, 1995. 261p.
- MALLARINO, A.P. Manejo de fósforo e potássio y starters para maíz y soya en siembra directa. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., Mar del Plata, 1997. **Conferências**. s. l. : s. ed., 1997. p.11-19.
- MERTEN, G.H. Rendimento de grãos de feijão em diferentes sistemas de preparo do solo com tração animal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. **Resumos**. Florianópolis: SBCS, 1994. p.178-179.
- MULLINS, C.A.; TOMPKINS, F.D.; PARKS, W.L. Effects of tillage methods on soil nutrient distribution, plant nutrient absorption, stand and yield of snap beans and lima beans. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.113, n.5, p.667-669, 1988.
- MULLINS, C.A.; STRAW, R.A. Production of snap beans as effected by soil tillage method and row spacing. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, v.113, n.5, p.667-669, 1988.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.1, p.95-102, 1983.
- MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina:IAPAR, 1984. p.43-57. (Circular, 23).
- MUZILLI, O. Cultura da soja: princípios e perspectivas de expansão. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina:IAPAR, 1981a. p.11-14. (Circular, 23).
- MUZILLI, O. Desenvolvimento e produtividade das culturas. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina:IAPAR, 1981b. p.199-203. (Circular, 23).
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. da; CALEGARI, A. **Adubação do milho**. Campinas : Fundação Cargill, 1989. 29p.
- OLIVEIRA, E.F. de; BAIRRÃO, J.F.M.; CARRARO, I.M., Efeito dos sistemas de preparo do solo sobre algumas características físicas e rendimentos de grãos de soja e milho. In: ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Resultados da pesquisa na safra de verão 1987/88**. Cascavel: OCEPAR, 1989. p.233-237.
- PÖTTKER, D. Métodos de aplicação de fósforo em plantio direto. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, 1997. **Anais**. Passo Fundo : EMBRAPA, CNPT, 1997. p.247-248.
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; CANTARELLA, H. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. **Bragantia**, v.40, p.57-75, 1981.
- SÁ, J.C. de M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro : Fundação ABC, 1993. 96p.
- SÁ, J.C. de M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, processos de transformação e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., Mar del Plata. 1997. **Conferências**. s. l. : s. ed., 1997. p.99-131.
- SANCHEZ, P.A.; LOGAN, T.J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A. (Ed.). **Myths and science of soil of the tropics**. Madison: SSSA/ASA, 1992. p.35-46. (Special Publication, 29).
- SEGUY, L.; BOUZINAC, S. **Arroz de sequeiro na fazenda Progresso: 4550 kg/ha**. Piracicaba : Potafós, 1992. 3p. (Informações Agronômicas, 58).
- SEGUY, L.; BOUZINAC, S. R. P.; PACHECO, A. **Perspectiva de fixação da agricultura na região Centro-Norte do Mato Grosso**. Mato Grosso: EMPA-MT/EMBRAPA, CNPAF/CIRAD-IRAT, 1989. 52p.
- SILVA, V.A. da; ANDRADE, M.J.B. de; RAMALHO, M.A.P. Efeitos de métodos de preparo do solo e níveis de fertilizante NPK sobre o feijão da "seca" (*Phaseolus vulgaris* L.) em seqüência à cultura do milho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., Goiânia, 1996. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1996. v.1. p.418-420. (Documentos, 69).
- SILVEIRA, P.M. da.; SILVA, J.G. da. Efeito do preparo do solo e da rotação de culturas sobre o rendimento do feijoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., Goiânia, 1996. **Anais**. Goiânia : EMBRAPA, CNPAF, 1996. v.1., p.462-464. (Documentos, 69).
- SIQUEIRA, R.; YAMAOKA, R.S.; CASÃO JUNIOR, R. Sistemas de preparo e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agrícola. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1., Ponta Grossa, 1993. **Anais**. Ponta Grossa : IAPAR, 1993. p.221-237.
- STEINHARDT, G.C. **Compactação do solo: um problema oculto**. Piracicaba : Potafós, 1983. 3p. (Informações Agronômicas, 21).
- STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos; STEINMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e no rendimento do arroz-de-sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.1, p.63-68, 1980.
- TORRES, E.; GAZZIERO, D.L.P.; GALERANI, P.R. Avaliação de sistemas de preparo do solo e semeadura da soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1987/88**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1988. p.237. (Documentos, 36).
- UHDE, L.T.; COGO, N.P.; TREIN, C.R. Comportamento da sucessão trevo/milho, em área com e sem pastejo intensivo, sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.3, p.493-501, 1996.
- URCHEI, M.A. Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação. Botucatu, 1996. 131p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

Recebido em 15.09.98