



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Araújo Gomes, Jerônimo; Scapim, Carlos Aberto; de Lucca e Braccini, Alessandro; Soares Vidigal
Filho, Pedro; Sagrilo, Edvaldo; Mora, Freddy

Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um
Argissolo Vermelho- Amarelo

Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 27, núm. 3, julio-septiembre, 2005, pp. 521-529

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026559020>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo

Jerônimo Araújo Gomes¹, Carlos Aberto Scapim^{2*}, Alessandro de Lucca e Braccini², Pedro Soares Vidigal Filho², Edvaldo Sagrilo² e Freddy Mora²

¹Universidade Federal de Goiás, Campus de Jataí-GO, 75800-000, Jataí, Goiás, Brasil (in memoriam). ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5.790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: cascscapim@uem.br

RESUMO. O fornecimento de adubação orgânica e mineral propicia alterações nas condições físicas e químicas do solo, com consequente efeito na produtividade das culturas. Assim sendo, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos das adubações orgânica e mineral sobre a produtividade da cultura do milho e nas características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. Os tratamentos constituíram-se de quatro doses de composto orgânico (0, 10, 20 e 40 m³ ha⁻¹), distribuídos a lanço ou no sulco de semeadura, combinados com três doses de adubo mineral NPK (0; 250 e 500 kg ha⁻¹) na formulação 04-14-08, no delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2x3, com quatro repetições. A adubação orgânica promoveu incremento nos componentes de produção do milho. O composto orgânico na dose de 40 m³ ha⁻¹ apresentou produção semelhante à dose de 500 kg ha⁻¹ do adubo NPK. A associação composto orgânico e adubo químico, assim como o modo de distribuição destes, não influenciou significativamente o rendimento da cultura. O uso do adubo químico promoveu redução no tamanho médio dos agregados, nos níveis de cálcio, de magnésio e de potássio, e aumento do nível de fósforo do solo. A utilização do composto orgânico propiciou aumento dos níveis de carbono orgânico, cálcio, magnésio, potássio e fósforo do solo. Tanto o adubo mineral quanto o composto orgânico não interferiram na densidade real, densidade aparente e na porosidade total do solo.

Palavras-chave: *Zea mays* L., fertilidade, adubação orgânica, adubação química.

ABSTRACT. Organic and mineral fertilization, corn yield and physical and chemical characteristics of a red-yellow argisil. The organic and mineral fertilization modifies the soil physical and chemical conditions, with singular effect on crop yields. Thus, the purpose of this work was to evaluate the effect of organic and mineral fertilization on corn yield and on physical and chemical characteristics of a red-yellow argisil. The treatments were constituted of four doses (0, 10, 20 and 40 m³ ha⁻¹) of organic matter, two ways of organic matter distribution (by throwing and in the groove) and three doses of NPK fertilization (0, 250 and 500 kg ha⁻¹) with the 04-14-08 formulation, combined in the factorial scheme of the treatments (4x2x3) with four replications using the randomized blocks design. The organic fertilization promoted an increasing of the corn yield compounds. The organic matter with the dose of 40 m³ ha⁻¹ presented similar production with the dose of 500 kg ha⁻¹ of the NPK fertilizer. The association of organic matter and mineral fertilization, as well as the way of distribution, had no effect on the crop yield. The mineral fertilizer reduced the size of soil aggregates and the levels of calcium, magnesium and potash, and increased the phosphorous level in the soil. The organic fertilizer increased the levels of organic carbon, calcium, magnesium, potash and phosphorous in the soil. The mineral and organic fertilization did not interfered on the real density, apparent density and on the total porosity of the soil.

Key words: *Zea mays* L., fertilizer, organic and mineral fertilization.

Introdução

O baixo rendimento da cultura do milho na região da Zona da Mata de Minas Gerais deve-se, principalmente, ao reduzido índice tecnológico empregado na produção. Das tecnologias disponíveis, a adubação tem sido considerada a mais limitante para o aumento da produtividade das lavouras de milho (Büll, 1993). A não utilização de adubação química na cultura do milho tem sido atribuída, em primeira instância, ao elevado custo, associado ao fato de que o milho é cultivado, nesta região, por pequenos produtores rurais (Pinazza, 1993).

Com a degradação cada vez maior dos solos da Zona da Mata e a utilização de áreas com baixa fertilidade, tem sido preconizadas várias alternativas para aumentar a produtividade da cultura do milho, tais como a incorporação de resíduos culturais, o uso de compostos orgânicos, os resíduos de animais e a adubação verde (Melo *et al.*, 1994; Gomes, 1995). Entretanto, Kage (1984) afirma que somente com a utilização de adubo químico não é possível manter produtividade satisfatória por longo prazo. Por sua vez, a grande exigência de nitrogênio torna a cultura do milho altamente responsiva à adubação nitrogenada (Cantarella e Van Raij, 1986). Conforme Cantarella (1993), em solos de boa fertilidade ou devidamente corrigidos, é o nitrogênio que controla os níveis de produtividade do milho. Dentre as fontes de nitrogênio que se encontram disponíveis para utilização, tem-se a adubação orgânica e a adubação mineral (Malavolta, 1981).

Na região da Zona da Mata de Minas Gerais, a existência de considerável quantidade de esterco animal disponível para uso imediato, bem como a possibilidade de produção de composto orgânico, a adubação orgânica, ou mesmo a associação desta com a adubação mineral, constituem-se em alternativas economicamente viáveis para a maioria dos produtores. Mesmo considerando que o seu uso possa ser limitado pela dificuldade de aplicação, além de ser a matéria orgânica complexa e variável, conforme a procedência do material utilizado (Gomes, 1995), o potencial de utilização destes materiais na agricultura não pode de forma alguma ser desconsiderada.

Os adubos orgânicos são caracterizados pelos elevados teores de matéria orgânica, teores totais dos nutrientes, inclusive nitrogênio, teor de água e relação C/N (Malavolta, 1981). A riqueza de um adubo orgânico em nutriente depende da origem do material e de seu manuseio, e um esterco de galinha puro, de aves tratadas com ração, certamente será mais rico do que um esterco de bovinos tratados

com capim de baixo valor nutritivo (Van Raij, 1991).

Os modos de fornecimento de adubação mais discutidos na literatura são a aplicação a lanço e a localizada no sulco de semeadura (Prado *et al.*, 2001). A adubação a lanço faz com que praticamente 100% do fertilizante entre em contato direto com o solo, possibilitando elevada adsorção de alguns nutrientes, especialmente o fósforo, reduzindo o aproveitamento desse nutriente pela planta. Por outro lado, para diminuir a adsorção, utiliza-se a aplicação localizada do adubo e, como consequência, pequena porção do sistema radicular entra em contato com o nutriente proveniente do adubo (Malavolta, 1981).

Com base nestas considerações, o trabalho teve por objetivo avaliar o efeito das adubações orgânica e mineral na produtividade da cultura do milho e nas características físicas e químicas do solo.

Material e métodos

Nos anos agrícolas de 1990/91 e de 1991/92, foram conduzidos dois experimentos em Coimbra, Minas Gerais, em área de ocorrência de Argissolo Vermelho-Amarelo, fase terraço (Embrapa, 1999), que vinha sendo submetida aos mesmos tratamentos desde o ano de 1984.

Os tratamentos constituíram-se de composto orgânico (produzido com restos de cultura do milho e de esterco bovino), nas doses de 0, 10, 20 e 40 m³ ha⁻¹; dois modos de distribuição do composto orgânico (a lanço e no sulco); três doses de adubo mineral NPK 04-14-08 (0, 250, 500 kg ha⁻¹), aplicados no sulco de semeadura. As fontes de adubo químico utilizadas foram o sulfato de amônia, o superfostato simples e o cloreto de potássio. O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4x2x3, com quatro repetições. A análise química de amostras de material de solo da área experimental bem como a caracterização do composto orgânico utilizado no experimento encontram-se na Tabela 1.

O preparo do solo foi realizado da seguinte forma: aração e gradagem em toda área; abertura dos sulcos e aplicação do composto orgânico no sulco ou a lanço; revolvimento com enxada rotativa em todas as parcelas; reabertura dos sulcos com enxadas manuais, para aplicação do adubo mineral; abertura de sulcos mais rasos e laterais aos primeiros, para semeadura, cobrindo-se o adubo mineral e evitando, com isso, contato direto com as sementes.

As unidades experimentais foram compostas de cinco fileiras de plantas com 5,0 m de comprimento, espaçadas por 1,0 m entre si. Para a obtenção dos dados, utilizaram-se as três fileiras centrais,

eliminando-se, também, 0,5 m nas extremidades de cada fileira, bordaduras de cabeceira, perfazendo uma área útil de 12,0 m². As sementes do híbrido duplo AG 403, o qual apresenta grãos semiduros e coloração do endosperma amarelo-alaranjado, foram semeadas em excesso para, após desbaste efetuado aos 20 dias após a emergência, totalizar uma população final de 50.000 plantas por hectare. A semeadura, efetuada manualmente, foi realizada no mês de outubro de 1990 e de 1991, respectivamente, tanto para o primeiro quanto para o segundo experimento.

Tabela 1. Caracterização química de amostras de solo da área experimental e do composto orgânico utilizado.

Caracterização do Solo	
Característica	Valor
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,39
Carbono Orgânico (g dm ⁻³)	25,9
Nitrogênio Total (g kg ⁻¹)	0,21
Relação C/N	12,33
Alumínio Trocável (cmol _c dm ⁻³)	0,74
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	2,60
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	2,03
CTC efetiva	5,76
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	1,25
CTC Total (cmol _c dm ⁻³)	6,96
Potássio (mg dm ⁻³)	10,50
Fósforo (mg dm ⁻³)	2,00

Caracterização do Composto Orgânico	
Característica	Valor
Umidade (g kg ⁻¹)	57,00
pH em H ₂ O (1:2,5)	6,17
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹)	41,31
Carbono Orgânico (g kg ⁻¹)	23,91
Nitrogênio Total (g kg ⁻¹)	0,82
Relação C/N	19,62
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	5,24
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	3,90
Potássio (mg dm ⁻³)	5.638,00
Fósforo (mg dm ⁻³)	1.236,00

Aos 45 dias após a semeadura, foi efetuada adubação química de cobertura, nas quantidades de 0,0; 20 e 40 kg ha⁻¹ de N, utilizando-se de 100 e de 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia, respectivamente, conforme a adubação de base. Nos tratamentos que não continham adubo químico, não foi efetuada a adubação de cobertura.

A colheita do milho foi realizada 150 dias após a emergência das plantas, sendo avaliada a altura das plantas, cuja média foi obtida a partir de seis plantas, medidas ao acaso, dentro da área útil de cada parcela; o número médio de espigas por planta, obtido por contagem direta de todas as espigas colhidas em cada parcela, dividindo-se o valor total pelo número de plantas da parcela; a produção de grãos, determinado por pesagem dos grãos produzidos em cada parcela, corrigindo-se a umidade para 13%; o peso médio das espigas despalhadas, obtido pela divisão do peso total

das espigas despalhadas produzidas na parcela pelo número total de espigas desta parcela.

No final do segundo experimento, foram coletadas amostras de solo na área experimental que já vinha sendo submetida aos mesmos tratamentos desde 1984. Para a análise de estabilidade de agregados, foram amostrados blocos indeformados de 0,10 m x 0,10 m x 0,20 m, à profundidade de 0-0,10 m. Foram coletadas, também, amostras de solo às profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m para a determinação do equivalente de umidade. As amostras de solo para as análises de densidade aparente, densidade real e porosidade total do solo foram amostradas a três profundidades: 0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

A estabilidade de agregados foi determinada pelo método de via úmida segundo a metodologia de Yoder (1939); densidade aparente, determinada pelo método do anel volumétrico (Embrapa, 1979); densidade real, pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 1979); e porosidade total, calculada pela seguinte equação: $Pt = (1 - (Da/Dr)) \times 100$; em que: Pt = porosidade total em %; Da = densidade aparente em g/cm³; e Dr = densidade real em g cm⁻³. A capacidade de retenção de umidade foi determinada por meio do método de equivalente de umidade (Embrapa, 1979).

As análises químicas foram efetuadas em terra fina seca ao ar (TFSA), coletadas na camada de 0,10-0,20 m. O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Walkley e Black modificado, descrito por Defelipo e Ribeiro (1981). Nitrogênio total, determinado pelo método de Kjeldahl por destilação a vapor, conforme Embrapa (1979). Os elementos químicos potássio trocável e fósforo disponível foram extraídos por Mehlich-1. O potássio foi determinado em fotômetro de chama e o fósforo pelo método do ácido ascórbico modificado por Defelipo e Ribeiro (1981). Os elementos cálcio e magnésio trocáveis, extraídos com KCL 1 mol L⁻¹, foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

Resultados e discussão

Os efeitos dos tratamentos ($p > 0,05$) no teor de N total do solo não foram significativos. Em relação ao C orgânico total do solo, houve resposta linear crescente dessa variável em função dos níveis de adubação orgânica (Figura 1). Esse resultado era esperado, pois as adubações orgânicas normalmente resultam em elevação do nível de carbono orgânico no solo (Malavolta, 1981).

Em relação aos teores de Ca⁺² trocável no solo, observou-se efeito tanto da adubação orgânica

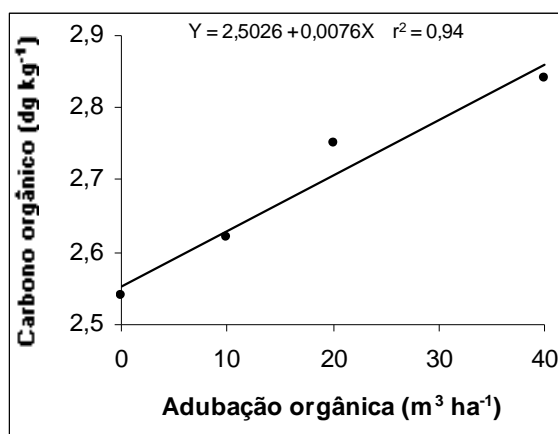


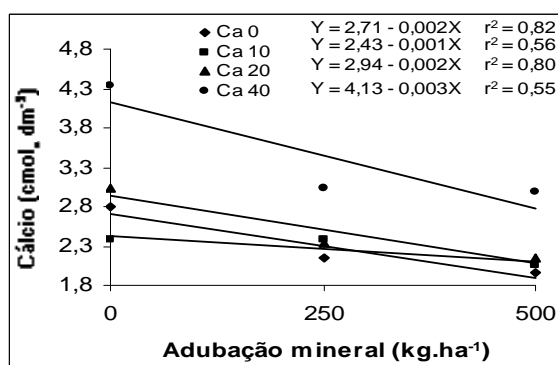
Figura 1. Porcentagem de C orgânico no solo em função da adubação orgânica.

quanto da adubação mineral, bem como da interação entre tais fatores. De acordo com a Figura 2a, observa-se que o aumento das doses do adubo mineral resultou em redução linear dos teores de Ca^{+2} . A redução dos teores de Ca^{+2} determinada pelo aumento das doses do adubo mineral (Figura 2a), pode estar relacionada a uma maior absorção deste nutriente pela planta, pois as doses de 250 e de

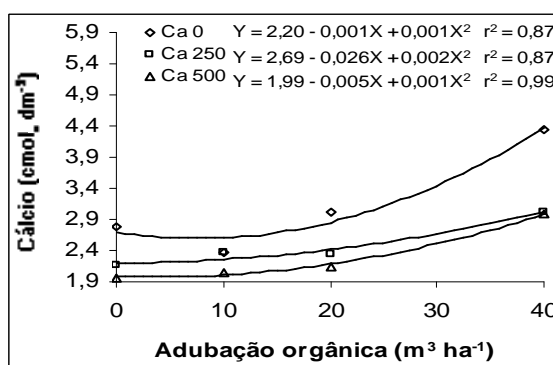
500 kg ha^{-1} de adubo mineral implicaram em ganhos de produção de 42% e de 87%, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha sem adubação química na semeadura (0 kg ha^{-1}). É possível que, para obter tal aumento de produção, a planta tenha utilizado nutrientes provenientes do adubo, além de parte dos nutrientes contidos no solo, resultando, portanto, em redução do teor de Ca^{+2} no solo.

Por sua vez, os níveis crescentes de adubação orgânica resultaram em aumento dos teores de Ca^{+2} trocável, a partir dos pontos de mínimo de 0,5, 2,5 e 6,5 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ (Figura 2b), fato que demonstra que a partir destes níveis a quantidade de cálcio fornecida pela adubação orgânica foi superior àquela demandada pelas plantas, resultando com isso uma elevação dos níveis de cálcio no solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Liebhardt (1976).

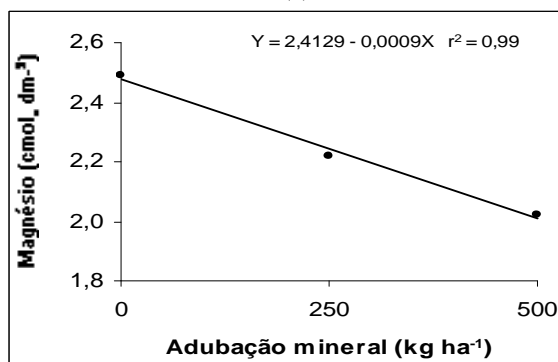
No que se refere aos teores de Mg^{+2} observa-se que houve efeito linear significativo das adubações mineral e orgânica, para os níveis de adubação avaliados. Verificou-se redução dos teores de Mg^{+2} (Figura 2c) e de K^{+} (Figura 3a), em decorrência do aumento nas doses do adubo mineral, ao passo que



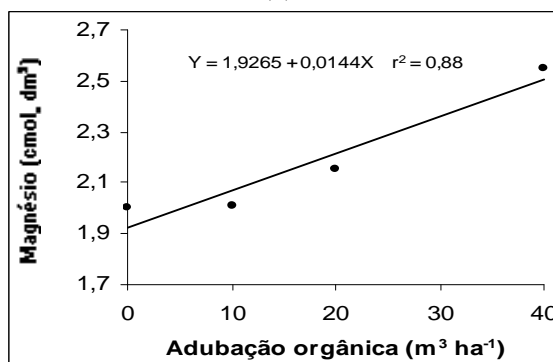
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2. Teores de Ca^{+2} trocável no solo, em função da adubação mineral (a) e da adubação orgânica (b), bem como teores de Mg^{+2} disponível no solo, em função da adubação mineral (c) e adubação orgânica (d).

houve elevação dos teores tanto de Mg^{+2} (Figura 2d) quanto de K^+ (Figura 3b), com o aumento das doses do adubo orgânico (Liebhardt, 1976; Holanda *et al.*, 1984). Tal comportamento é idêntico àquele verificado para os teores de Ca^{+2} , tendo origem e causas semelhantes.

Os teores de P disponível no solo aumentaram em função dos níveis de adubação, de maneira linear crescente. Tal resultado era esperado, uma vez que os adubos utilizados continham quantidades razoáveis de P_2O_5 , aliado ao fato de que o ânion fosfato é muito pouco móvel no solo, sendo também pouco extraído pela cultura (Fancelli e Dourado Neto, 2000). Aumento nos teores de P no solo também foi observado por Herron e Erhart (1965) e por Liebhardt (1976).

Em relação aos valores de CTC efetiva e CTC total, verificou-se tendência quadrática, com pontos de mínimo de $3,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $5,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, em função das doses crescentes de adubação orgânica (Figura 3d), o que está de acordo com os resultados observados por Gomes (1992). O aumento dos valores, tanto da CTC efetiva como CTC total, resultou do fato de que a metodologia empregada para o cálculo foi proveniente da soma de bases, logo, a adubação orgânica aumentou os teores destas

bases no solo, aumentando os valores da CTC. Conforme Fonseca (1984), a adição de matéria orgânica ao solo propicia considerável elevação de bases no solo.

A adubação mineral, por sua vez, promoveu decréscimo linear da CTC efetiva e CTC total (Figura 3c). Tal comportamento pode estar relacionado ao fato de que a capacidade ou velocidade de extração de nutrientes pelas plantas ter sido maior que a capacidade de reposição ao solo, proporcionado pela incorporação do adubo.

Observa-se que, de modo geral, o aumento das doses do adubo orgânico resultou em aumento dos teores de C orgânico, de Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e P da CTC efetiva e da CTC total do solo, os quais apresentaram após colheita do experimento, valores superiores àqueles observados antes da condução desse trabalho (Tabela 1). Verifica-se, portanto, que o aumento das doses do adubo orgânico resultou em melhoria das condições químicas do solo, tal como é relatado por Holanda *et al.* (1984).

O aumento das doses da adubação mineral, por sua vez, também propiciou aumento dos teores de P no solo, entretanto, para os outros nutrientes, resultou em redução, o que está em consonância

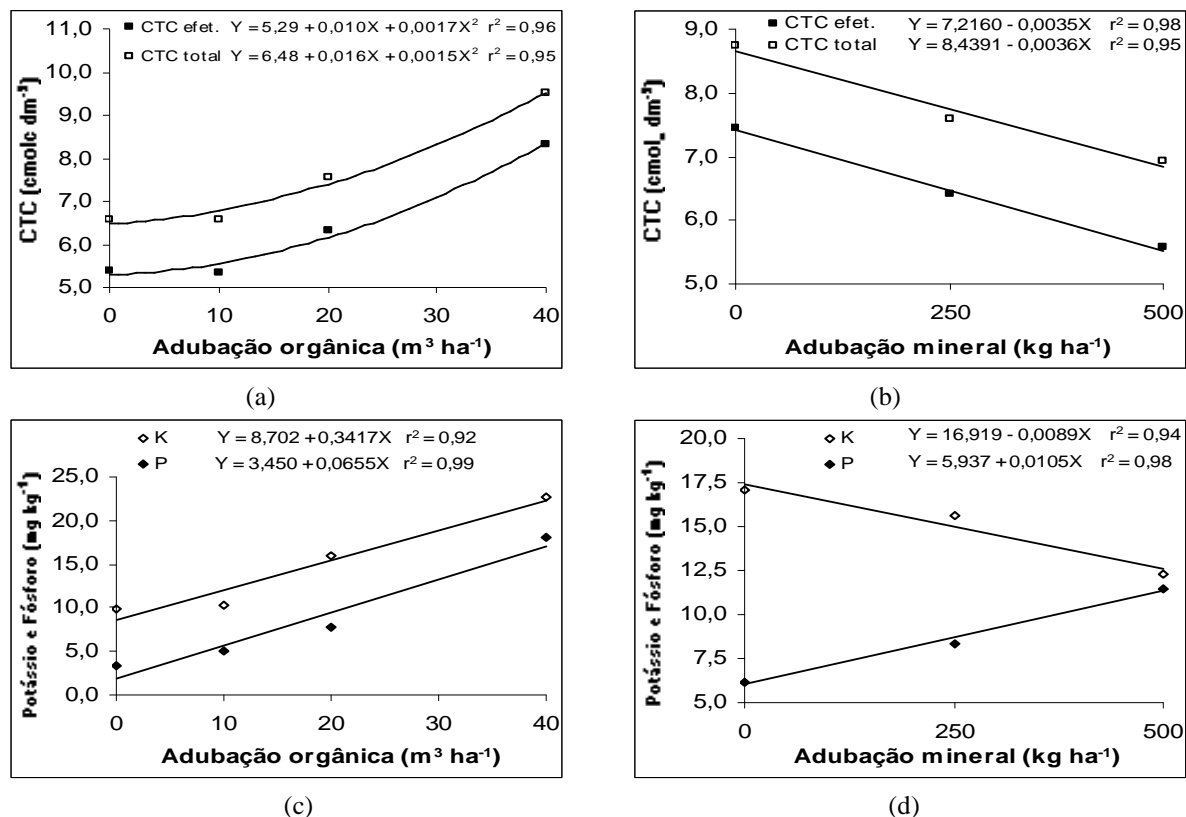


Figura 3. Teores de K^+ e de P disponível no solo, em função da adubação mineral (a) e da adubação orgânica (b), bem como valores de CTC efetiva e CTC total no solo, em função de níveis de adubação mineral (c) e adubação orgânica (d).

com os resultados obtidos por Souza *et al.* (1998). Contudo, tal fato não exerceu influência negativa nos componentes de produção da cultura, mas ao contrário, resultou em maior absorção dos nutrientes pela planta, em função da pronta disponibilidade da formulação química utilizada, conseqüentemente, contribuindo para o aumento da produtividade. No que se refere aos componentes de produção avaliados, foi possível verificar que houve efeitos significativos da adubação orgânica (linear) e da adubação química (linear), para as doses avaliadas, sobre a altura e o índice de espigas nas plantas de milho nos anos agrícolas 1990/91 e 1991/92. Nesse contexto, pode-se observar (Figuras 4 e 5) que aumentando as doses dos adubos, aumentou-se a quantidade de nutrientes disponíveis, resultando em maior crescimento das plantas em formação e de maior número de espigas, confirmando resultados de trabalho semelhante realizado por Galvão (1988).

Outro aspecto interessante é que o modo de aplicação do adubo orgânico (a lanço ou no sulco de semeadura) influenciou a altura de plantas no ano agrícola 1990/91. A aplicação do adubo orgânico no sulco de semeadura resultou em plantas de altura média de 2,27 m, as quais foram estatisticamente superiores à média de 2,19 m apresentada pelas plantas que tiveram a aplicação do adubo orgânico distribuído a lanço. Este resultado, possivelmente, deve-se ao fato de que no sistema de aplicação em sulco, a concentração do adubo por volume de solo é maior, com maior quantidade de nutrientes disponível às plantas, propiciando um maior crescimento destas. Resultados semelhantes a estes foram verificados por Galvão (1988), em trabalho realizado na mesma área.

Em relação ao peso médio de espigas, observou-se que em ambos os anos agrícolas avaliados as adubações mineral e orgânica aumentaram linearmente o peso médio das mesmas (Figuras 6 e 7). Resultados estes que são concordantes com os obtidos por Miranda e Viegas (1964), Galvão (1988) e Chateaubriand (1988).

Quanto à produtividade de grãos, no ano agrícola de 1990/91, foram verificados efeitos do modo de aplicação, das adubações mineral e orgânica, e da interação sistema de aplicação x adubação mineral. Foi possível visualizar com a análise de regressão que a produtividade de grãos apresentou tendência linear crescente em função dos níveis do adubo orgânico avaliado. Tal efeito é justificado pelo fato de que, em geral, o aumento das doses do adubo orgânico resultou em aumento dos teores no solo de carbono orgânico, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} e P, da CTC efetiva e CTC total, os quais apresentaram, após colheita do

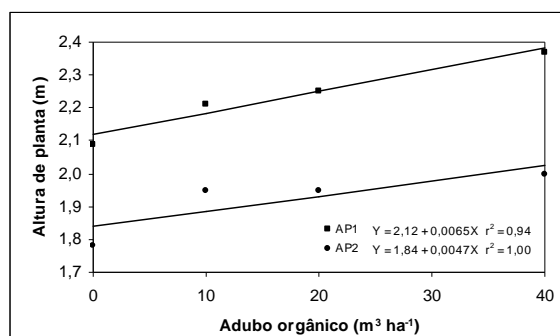


Figura 4. Altura média das plantas de milho nos anos agrícolas de 1990/91 (AP1) e de 1991/92 (AP2), em função da adubação orgânica.

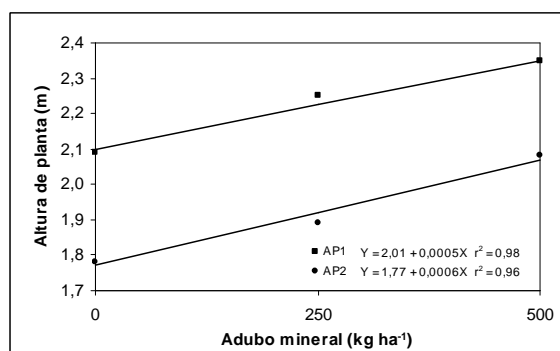


Figura 5. Altura média das plantas de milho nos anos agrícolas de 1990/91 (AP1) e de 1991/92 (AP2), em função da adubação mineral.

experimento, valores superiores aos observados antes da condução do presente estudo (Tabela 1). Resultados semelhantes a estes foram observados por Viégas e Freire (1956), Gianello e Ernani (1983), Abboud e Duque (1986) e Cavalcante (1988).

Efetuada-se o desdobramento da interação dos modos de aplicação e adubo mineral, verificou-se que houve aumento da produtividade de grãos com a maior utilização das doses do adubo mineral, sendo que com a produtividade de grãos aumentando em 25% e 43%, respectivamente, para as doses de 250 e 500 kg ha⁻¹ em relação ao tratamento testemunha sem adubação mineral no sulco de semeadura (0,0 kg ha⁻¹) (Figura 6). Resultados semelhantes foram detectados por Monteiro (1985) e Prado *et al.* (2001). Quando o adubo orgânico foi distribuído no sulco de semeadura, a produtividade de grãos tendeu a ser maior comparativamente à distribuição a lanço, da mesma forma que aconteceu para a altura de plantas. No ano agrícola 1991/92, houve efeito significativo e linear das adubações orgânica e mineral, não havendo efeito significativo das interações.

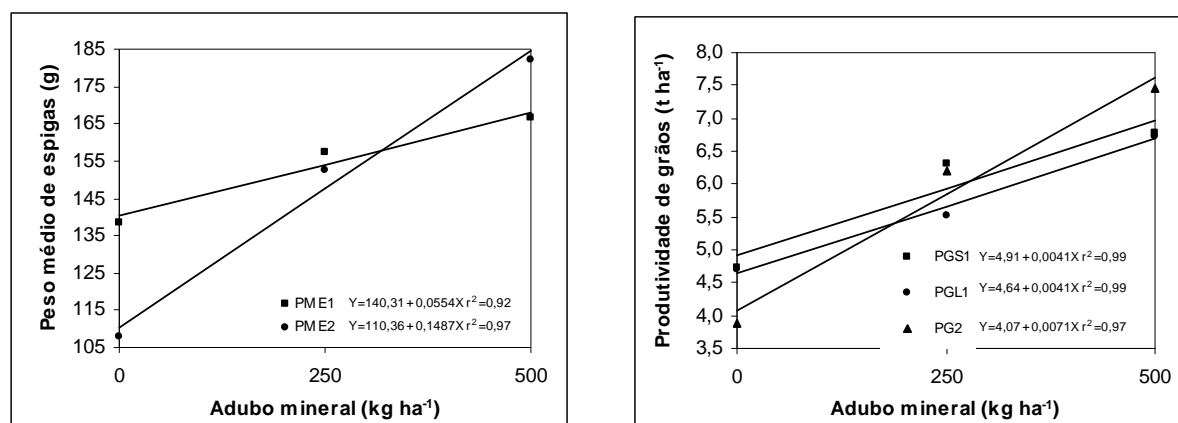


Figura 6. Peso médio de espigas (a) e produtividade de grãos (b) da cultura do milho, nos anos agrícolas de 1990/91 (PME1 e PG1) e de 1991/92 (PME2 e PG2), em função da adubação mineral.

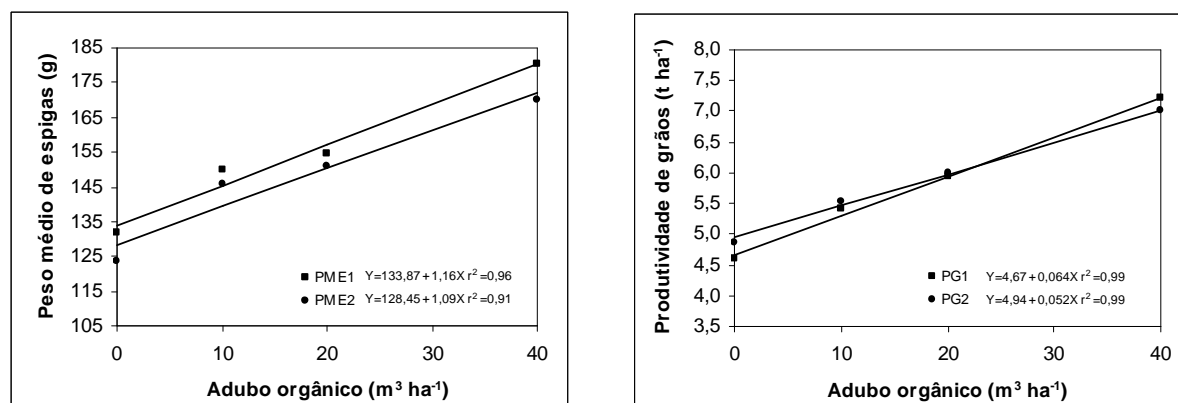


Figura 7. Peso médio de espigas (a) e produtividade de grãos (b) da cultura do milho, nos anos agrícolas de 1990/91 (PME1 e PG1) e de 1991/92 (PME2 e PG2), em função da adubação orgânica.

Em relação às características físicas do solo, os resultados da análise de variância revelaram que as variáveis porosidade total e as densidades real e aparente não foram alteradas significativamente em relação aos tratamentos aplicados. Isto porque não houve alterações expressivas nos níveis de matéria orgânica, e, segundo Adams (1973), este é um fator importante que afeta a densidade dos solos.

Em relação à estabilidade dos agregados, houve decréscimo linear dos agregados em água maiores que 1 mm e acréscimo linear dos agregados de classes inferiores a esta, somente com a aplicação do adubo mineral (Tabela 2). Sabendo que o adubo mineral contém quantidade razoável de cálcio, e que este elemento pode causar dispersão de partículas do solo (Jucksch, 1986), é compreensível esta diminuição dos agregados maiores. A dispersão das partículas de argila causa a destruição dos agregados maiores, e estas partículas dispersas de argila podem reencontrar condições de floculação (Jucksch, 1986; Souza, 1988), dando origem a agregados menores.

Souza (1988), tratando em laboratório agregados com cátions monovalentes, verificou que os agregados maiores foram destruídos, enquanto os menores apresentaram resistência crescente à medida que o diâmetro diminuía.

Tabela 2. Coeficientes do modelo linear para a variável agregados estáveis em água (%) em função das doses do adubo mineral (kg ha⁻¹) para cada classe de agregados.

Classe de agregados (mm)	Coeficiente linear	Coeficiente angular	Coeficiente de determinação (%)
2,00 – 1,00	72,52	-0,0260	99,82
1,00 – 0,50	9,25	0,0074	99,69
0,50 – 0,21	6,64	0,0080	97,35
0,21 – 0,125	4,09	0,0042	91,45
0,125–0,053	1,74	0,0024	99,53

No que se refere à capacidade de retenção de umidade (equivalente de umidade), observou-se que na profundidade de 0-0,10 m, não houve efeitos significativos de tratamentos. Na profundidade de 0,10-0,20 m apenas o modo de aplicação da adubação apresentou efeito significativo sobre esta variável. A

diferença entre os dois modos de aplicação do adubo, em relação ao equivalente de umidade, foi muito pequena (sulco = 41,03% e a lanço = 40,23%) não tendo importância prática.

Conclusão

A adubação orgânica promoveu incremento nos componentes de produção do milho;

O composto orgânico na dose de 40 m³ ha⁻¹ propiciou produtividade semelhante à dose de 500 kg ha⁻¹ do adubo NPK (04-14-08);

Não foram obtidos resultados significativos no rendimento da cultura com a associação composto orgânico e adubo químico, assim como pelo modo de distribuição destes;

O uso do adubo químico promoveu a redução do tamanho médio dos agregados e a redução dos níveis de cálcio, magnésio e potássio do solo e aumento do nível de fósforo do solo;

A utilização do composto orgânico propiciou aumento dos níveis de carbono orgânico, cálcio, magnésio, potássio e fósforo do solo. Tanto o adubo mineral quanto o composto orgânico não interferiram na densidade real e aparente e na porosidade total do solo.

Referências

- ABBOUD, A.C. de S.; DUQUE, F.F. Efeitos de materiais orgânicos e vermiculita sobre a seqüência feijão-milho. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 21, p. 227-326, 1986.
- ADAMS, W.A. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils. *J. Soil Sci.*, Oxford, v. 24, p. 10-17, 1973.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-146.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 147-196.
- CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SIMPOSIO SOBRE ADUBAÇÃO NITROGENADA NO BRASIL, 1986, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: SBCS, 1986. p. 243-273.
- CAVALCANTE, E.S. *Comportamento de cultivares de milho (Zea mays L.) em monocultivo e consórcio com o feijão (Phaseolus vulgaris L.) em diferentes níveis de adubação*. 1988. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1988.
- CHATEAUBRIAND, A.D. *Efeito de dejetos de suínos, aplicados em irrigação por sulco, na cultura do milho (Zea mays L.)*. 1988. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- DEFELIPO, B.; RIBEIRO, A.C. *Análise química do solo: metodologia*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solo*. Rio de Janeiro: CNPS, 1999.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000.
- FONSECA, S. *Propriedades físicas, químicas e mineralógicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob eucalipto, mata natural e pastagem*. 1984. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.
- GALVÃO, J.C.C. *Efeito das adubações orgânica e mineral sobre o consórcio milho feijão*. 1988. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- GIANELLO, C.; ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frangos, em casa de vegetação. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 7, p. 285-290, 1983.
- GOMES, P.C. *Influência da cobertura vegetal na formação e evolução do húmus e sua relação com algumas propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo do município de Viçosa-MG*. 1992. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.
- GOMES, J.A. *Efeito de adubações orgânica e mineral sobre a produtividade do milho e sobre algumas características físicas e químicas de um podzólico vermelho-amarelo*. 1995. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- HERRON, G.M.; ERHART, A.B. Value of manure on an irrigated calcareous soil. *Proceeding Soil Science Society American*, v. 29, p. 278-281, 1965.
- HOLANDA et al. Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivados com caupi. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 8, p. 301-304, 1984.
- JUCKSCH, I. *Calagem e dispersão de argila em amostra de um latossolo vermelho-escuro*. 1986. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- KAGE, H. Prática de adubação verde na Alta Mogiana, em São Paulo e Minas Gerais. In: Fundação Cargill (Ed.). *Adubação verde no Brasil*. Campinas: Cargill, 1984. p. 124-128.
- LIEBHARDT, W.C. Soil characteristics and corn yield as affected by previous applications of poultry manure. *J. Environ. Qual.*, Madison, v. 5, p. 459-462, 1976.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.
- MELO, F. de B. et al. Manejo do solo com adubação verde em sistemas isolado e consorciado com milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Goiânia: ABMS, 1994. p. 112.
- MIRANDA, L.T.; VIEGAS, G.P. Adubação do milho.

- XXIV. Resultados de um ensaio permanente com esterco, calcário e NPK mineral. *Bragantia*, Campinas, v. 23, p. 153-177, 1964.
- MONTEIRO, A.A.T. *Adubação nitrogenada e fosfatada nas culturas do milho e feijão*. 1985. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1985.
- PRADO, R.M.; Fernandes, F.M.; Roque, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo em adubação de manutenção. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, p. 83-90, 2001.
- PINAZZA, L.A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993. p.1-10.
- SOUZA, C.M. *Efeito do uso contínuo de grade pesada sobre algumas características de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, fase cerrado, e sobre o desenvolvimento das plantas e absorção de nutrientes pela cultura da soja*. 1988. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- SOUZA, E.C.A. *et al.* Resposta do milho à adubação com fósforo e zinco. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1031-1036, 1998.
- VAN RAIJ, B. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991.
- VIEGAS, G.P.; FREIRE, E.S. Adubação do milho. VIII. Ensaio com esterco e adubos minerais. *Bragantia*, Campinas, v. 15, p. 107-120, 1956.
- YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.*, Madison, v. 28, p. 337-351, 1939.

Received on August 31, 2004.

Accepted on July 04, 2005.