

Produtividade de trigo e milho em função dos sistemas de culturas e da adubação orgânica.

Diogo Luiz Vidal de Paula⁽¹⁾; Leonardo Walter Milani Pinto⁽¹⁾; Igor Uzai Nishida⁽¹⁾; Adilson Pimentel Junior⁽¹⁾; Lucas Pinto de Faria⁽¹⁾; Fábio Steiner⁽²⁾.

⁽¹⁾ Acadêmico do Curso de Agronomia das Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO. Ourinhos, São Paulo. E-mail: diogovidal89@hotmail.com. ⁽²⁾ Professor do Curso de Agronomia das Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO. Ourinhos, São Paulo. E-mail: fsteiner_agro@yahoo.com.br.

RESUMO: A utilização de esterco animal na agricultura, aliada ao cultivo de plantas de cobertura, pode conferir sustentabilidade ao sistema agrícola. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de sistemas de culturas e de fontes de nutrientes (mineral e orgânica) na produtividade das culturas de trigo e milho. O experimento foi conduzido em Mercedes (PR), em um Nitossolo Vermelho, de outubro de 2007 a setembro de 2009. Os tratamentos foram constituídos por quatro sistemas de sucessão de culturas: (1) soja/trigo/milho/trigo, (2) soja/aveia preta/milho/aveia preta, (3) soja/nabo forrageiro/milho/nabo forrageiro e (4) soja/ervilha comum/milho/ervilhaca comum e por duas fontes de nutrientes (mineral e orgânica), dispostos em um delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições. A maior produção de matéria seca das culturas de cobertura foi obtida com os cultivos de aveia preta e nabo forrageiro. A aplicação de esterco (adubação orgânica) proporcionou produtividade de grãos de trigo e de milho semelhante à da adubação mineral. O cultivo de milho em sucessão ao nabo forrageiro e a ervilhaca comum proporciona as maiores produtividades de grãos. A menor produtividade de milho em sucessão a aveia preta deve-se à maior imobilização do N pela biomassa microbiana do solo durante a decomposição dos resíduos vegetais de aveia, decorrente da alta relação C/N do material vegetal deixado na superfície do solo.

Termos de indexação: plantas de cobertura, sistemas de produção, esterco.

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) é uma realidade na agricultura brasileira, trazendo grandes benefícios quanto à conservação e melhoria das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. Entretanto, para assegurar sua sustentabilidade, é fundamental um sistema de rotação e sucessão de culturas diversificado, que produza adequada quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo, durante todo o ano (Ceretta et al., 2002).

Além da possibilidade de melhoria e, ou, conservação do solo e da matéria orgânica, as plantas de cobertura promovem consideráveis

aumentos de rendimento das culturas subsequentes. Apresentam também significativa viabilidade econômica, por permitirem melhor aproveitamento e redução da adubação mineral das culturas subsequentes, com o decorrer dos anos, num adequado sistema de cultivo e rotação de culturas.

Na região oeste do Estado do Paraná, a existência de considerável quantidade de esterco animal possibilita a adubação orgânica, ou, mesmo, a associação desta com a adubação mineral. A utilização de resíduos de animais, associada ao uso de plantas de cobertura, promoveria uma sincronização entre a mineralização e a demanda de nutrientes pelas culturas, contribuindo, assim, para a melhoria da produtividade do sistema. Entretanto, é necessário conhecer as características químicas dos resíduos, bem como seus efeitos sobre o desenvolvimento das plantas, além de possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente.

Até o momento, as informações disponíveis na literatura, quanto ao uso associado de adubação orgânica com fertilizantes minerais, são incipientes e escassas. Trabalhando em um Argissolo Vermelho-Amarelo, Gomes et al. (2005) verificaram que a associação de composto orgânico e adubo químico não influenciou, significativamente, o rendimento da cultura de milho. Os autores ainda constataram que a produtividade do milho, com a aplicação de 40 m³ ha⁻¹ de composto orgânico, assemelhou-se àquela obtida com a utilização de 500 kg ha⁻¹ da formulação 04-14-08.

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de sistemas de culturas e de fontes de nutrientes (mineral e orgânica) na produtividade das culturas de trigo e do milho em sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Mercedes, PR (24°45' S, 54°03' W e 380 m de altitude), em um Nitossolo Vermelho de textura argilosa. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, invernos com geadas pouco frequentes, sem estação seca definida, com precipitação anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 21,4 °C.

A área experimental havia sido anteriormente cultivada com milho/soja e aveia/milheto em sistema de semeadura direta durante doze anos. Antes da instalação do experimento, coletaram-se amostras de solo nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m e os resultados da análise química são mostrados na **Tabela 1**.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram estabelecidos os quatro sistemas de sucessão de culturas: (1) soja/trigo/milho/trigo, (2) soja/aveia preta/milho/aveia preta, (3) soja/nabo forrageiro/milho/nabo forrageiro e (4) soja/ervilha comum/milho/ervilhaca comum; nas subparcelas foram utilizadas duas fontes de nutrientes (mineral e orgânica). Cada unidade experimental foi constituída de 8,0 m de comprimento e 6,0 m de largura.

A adubação mineral e orgânica foi realizada segundo a necessidade da cultura (Raij et al., 1997), mediante análise do solo. A quantidade de esterco animal aplicado foi calculada, para cada cultura, de acordo com os teores de nutrientes do esterco utilizado e dos respectivos índices de eficiência de liberação no primeiro cultivo. Os índices de eficiência de liberação dos nutrientes no solo utilizados foram os seguintes: N = 0,8; P = 0,8 e K = 1,0 para o dejetos líquido de suínos e N = 0,5; P = 0,7 e K = 1,0 para a cama-de-aviário.

A semeadura da soja cv. CD 104 foi realizada no dia 06/10/2007, com 18 sementes m^{-1} , em linhas espaçadas de 0,45 m. A adubação mineral constou da aplicação de 300 $kg\ ha^{-1}$ da formulação 00-20-20. A adubação orgânica foi realizada com a aplicação de 40 $m^3\ ha^{-1}$ de dejetos líquido de suínos. O dejetos de suínos possuía as seguintes características físico-químicas: 3,2% de matéria seca; 2,20 $g\ dm^{-3}$ de N; 0,76 $g\ dm^{-3}$ de P e 1,20 $g\ dm^{-3}$ de K.

Após a colheita da soja, foram semeadas as culturas de cobertura e o trigo. A semeadura do trigo cv. CD 108 foi realizada em linhas espaçadas de 0,15 m com 350 sementes por m^2 . A adubação mineral constou da aplicação de 200 $kg\ ha^{-1}$ da formulação 04-20-20 na semeadura, e 80 $kg\ ha^{-1}$ de N em cobertura, no período de afilamento das plantas, na forma de ureia. A adubação orgânica foi realizada com a aplicação de 10 $Mg\ ha^{-1}$ de cama-de-aviário. O esterco de frango de corte apresentou as seguintes características físico-químicas: 86% de matéria seca; 16,0 $g\ kg^{-1}$ de N; 2,8 $g\ kg^{-1}$ de P e 3,8 $g\ kg^{-1}$ de K. A aveia preta, o nabo forrageiro e a ervilhaca comum foram semeadas em linhas espaçadas de 0,15 m, com 60; 20 e 80 $kg\ ha^{-1}$ de sementes, respectivamente. Aos 95 dias após a emergência, fez-se a dessecação química das plantas com glyphosate (dose de 800 $g\ ha^{-1}$ i.a.).

A semeadura do milho híbrido PIONEER 30F80 foi realizada no dia 28/09/2008, sobre a resíduos vegetais das culturas de inverno, em linhas espaçadas de 0,80 m com 5 sementes m^{-1} . A adubação mineral constou da aplicação de 400 $kg\ ha^{-1}$ da formulação 04-20-20 na semeadura, e 100 $kg\ ha^{-1}$ de N em cobertura, na forma de ureia. A adubação orgânica foi realizada com a aplicação de 60 $m^3\ ha^{-1}$ de dejetos líquido de suínos. O dejetos de suínos apresentou as seguintes características físico-químicas: 3,4% de matéria seca; 2,6 $g\ dm^{-3}$ de N; 0,7 $g\ dm^{-3}$ de P e 1,0 $g\ dm^{-3}$ de K.

Após a colheita do milho, foram semeados o trigo e as culturas de cobertura (aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca comum) em seus respectivos tratamentos, da mesma forma como descrita para o ano anterior.

A produção de matéria seca das plantas de cobertura (aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca comum) foi determinada, em agosto de 2008 e 2009, a partir de três amostras coletadas aleatoriamente com gabaritos de 0,50 x 0,50 m, e secas em estufa de circulação de ar a $60\pm 2\ ^\circ C$ por 72 h e pesadas.

A colheita do trigo foi realizada, manualmente, coletando-se todas as plantas contidas em uma área de 3,6 m^2 (seis linhas de 4,0 m de comprimento). A colheita do milho foi realizada manualmente, coletando-se todas as espigas contidas em 6 m das quatro linhas centrais, totalizando 19,2 m^2 de área útil, em cada parcela. A produtividade de grãos de trigo e de milho foi obtida pela pesagem dos grãos oriundos das áreas úteis das parcelas experimentais ($g\ parcela^{-1}$), a qual foi convertida para $kg\ ha^{-1}$ e padronizada para 130 $g\ kg^{-1}$ (base úmida).

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias dos sistemas de culturas, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, e das fontes de nutrientes foram comparadas pelo F, ambos a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de cobertura apresentaram capacidade distinta de produção de matéria seca na região Oeste do Estado do Paraná (**Tabela 2**). A maior produção de matéria seca foi obtida com os cultivos de aveia preta (*Avena strigosa*) e nabo forrageiro (*Rhaphanus sativus*). Esta elevada produção de matéria seca das culturas de cobertura, principalmente da aveia preta e do nabo forrageiro, torna-se de extrema importância para a melhoria da qualidade do solo no sistema de plantio direto, principalmente por contribuir na redução das perdas de solo, além da melhoria da estrutura dos agregados do solo (Calonego & Rosolem, 2008).

As fontes de nutrientes não influenciaram significativamente a produtividade de grãos de trigo

e de milho (**Tabela 2**), reportando que a aplicação de esterco animal (adubação orgânica) supriu plenamente a necessidade nutricional das culturas, uma vez que a produtividade de grãos foi semelhante à da adubação mineral recomendada para a cultura. Tais resultados corroboram os obtidos por Matsi et al. (2003), os quais verificaram que a produtividade de trigo, com a aplicação de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esterco líquido bovino, foi equivalente à da adubação mineral, nos quatro anos de avaliação. Pauletti et al. (2008) também verificaram que a aplicação de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos bovinos proporcionou produtividade de trigo semelhante à da adubação mineral recomendada.

A produtividade de milho foi afetada pelos sistemas de sucessão de culturas (**Tabela 2**). A maior produtividade de grãos foi obtida quando o milho foi cultivado em sucessão ao nabo forrageiro e ervilhaca comum, e pode ser atribuída a maior disponibilidade de N no solo, em decorrência da baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) dos resíduos vegetais destas culturas de cobertura. De acordo com Mai et al. (2003), a utilização de leguminosas e/ou nabo forrageiro como culturas de cobertura, devido a menor relação C/N dos resíduos, pode ocasionar maior oferta de N no início do crescimento da cultura em sucessão, resultando no aumento de produtividade. A relação C/N dos resíduos de ervilhaca comum, nabo forrageiro e de aveia preta, em média, situa-se em torno de 13:1, 22:1 e 35:1, respectivamente (Giacomini et al., 2003).

A menor produtividade de grãos de milho em sucessão a aveia preta foi atribuída à maior imobilização do N pela biomassa microbiana do solo durante a decomposição dos resíduos vegetais de aveia, decorrente da alta relação C/N do material vegetal deixado na superfície do solo. A presença de resíduos vegetais com alta relação C/N, normalmente superior a 30:1, tem sido uma das principais causas do menor produtividade das culturas em sucessão (Costa et al., 2011), principalmente em decorrência da imobilização, ao menos temporária, do N no solo. A relação C/N das culturas de cobertura influi na taxa de mineralização dos resíduos e, conseqüentemente, na liberação de N ao sistema (Nicolardot et al., 2001), sendo a mineralização inversamente proporcional ao teor de lignina e à relação C/N dos resíduos, ou seja, quanto maior a relação C/N, mais lenta será a mineralização dos resíduos. Assim, no planejamento das espécies a serem utilizadas no sistema de culturas, deve-se dar preferência a espécies leguminosas, quando se pretende implantar a cultura do milho no verão.

CONCLUSÕES

A aplicação de esterco (adubação orgânica) proporcionou produtividade de grãos de trigo e de milho semelhante à da adubação mineral.

O cultivo de milho em sucessão ao nabo forrageiro e a ervilhaca comum proporciona as maiores produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G. et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 32:49-54, 2002.
- CALONEGO, J.C. & ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1399-1407, 2008.
- COSTA, M.S.S.M.; STEINER, F.; COSTA, L.A.M. et al. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. *Revista Ceres*, 58:249-255, 2011.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:325-334, 2003.
- GOMES, J.A.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L. et al. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho Vermelho-Amarelo. *Acta Scientiarum Agronomy*, 27:521-529, 2005.
- MAI, M.E.M.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:125-131, 2003.
- MATSI, T.; LITHOURGIDIS, A.S. & GAGIANAS, A.A. Effects of injected liquid cattle manure on growth and yield of winter wheat and soil characteristics. *Agronomy Journal*, 95:592-596, 2003.
- NICOLARDOT, B.; RECOUS, S.; MARY, B. Simulation of C and N mineralization during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C/N ratio of the residues. *Plant and Soil*, 228:83-103, 2001.
- PAULETTI, V.; BARCELLOS, M.; MOTTA, A.C.V. et al. Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral. *Scientia Agraria*, 9:199-205, 2008.
- RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2ed., Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

Tabela 1. Características químicas e densidade do solo, nas camadas de 0,0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade

Profundidade (m)	pH	P mg dm ⁻³	CO g kg ⁻¹	H + Al	K ⁺	Ca ²⁺ mmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺	CTC	V %	Ds kg dm ⁻³
0,00-0,10	5,2	16	14,4	50	3,1	35	15	105	52	1,25
0,10-0,20	4,8	10	11,2	58	1,3	30	12	101	43	1,40

pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, relação solo:solução (1:2,5). P e K extraído por Mehlich-1. Ca e Mg extraído pela solução KCl 1 mol L⁻¹. CO: carbono orgânico, método Walkley – Black. Ds: densidade do solo, método do anel volumétrico (Embrapa, 1997).

Tabela 2. Produção de matéria seca das culturas de cobertura e produtividade de grãos de trigo e milho, afetado por sistemas de culturas e fontes de nutrientes

Fonte de variação	Matéria seca (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
	Inverno/2008	Inverno/2009	Trigo (2008)	Milho (2008/09)	Trigo (2009)
Fonte de nutrientes					
Mineral	-	-	1.394	7.387	2.040
Orgânica	-	-	1.444	7.642	2.178
DMS	-	-	156	816	224
Sistemas de culturas					
So/Tr/Mi/Tr	-	-	-	6.642 b	-
So/Av/Mi/Av	5.262 a	6.534 a	-	6.965 b	-
So/Na/Mi/Na	4.730 a	5.681 b	-	7.943 a	-
So/Er/Mi/Er	3.138 b	4.028 c	-	8.512 a	-
DMS	787	838	-	972	-

So: soja, Tr: trigo, Av: aveia-preta, Na: nabo forrageiro, Er: Ervilhaca comum, Mi: milho. ⁽¹⁾ Produção de matéria seca das plantas de cobertura. So/Av/Mi/Av mostram a matéria seca de aveia preta. So/Na/Mi/Na mostram a matéria seca de nabo forrageiro. So/Er/Mi/Er mostram a matéria seca de ervilhaca comum. Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.