

# Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho

Gustavo Castoldi<sup>1</sup>, Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa<sup>2\*</sup>, Luiz Antonio de Mendonça Costa<sup>2</sup>, Laércio Augusto Pivetta<sup>1</sup> e Fábio Steiner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069, 85819-110, Cascavel, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: monicas@unioeste.br

**RESUMO.** O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do milho para produção de silagem e grãos, cultivado em diferentes sistemas e adubações. O delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 x 3, composto por dois sistemas de cultivo (sucessão e rotação de culturas) e três fontes de adubação (orgânica, mineral e organomineral), com quatro repetições. Para produção de silagem de planta inteira, os sistemas e as adubações não diferiram estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ). Para produção de silagem de grão úmido, o sistema em sucessão e a adubação mineral mostraram-se superiores aos demais, produzindo 10.823 e 10.815 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, não incrementando, contudo, qualidade à silagem. Já na colheita dos grãos, o sistema em sucessão produziu em média 6.820 kg ha<sup>-1</sup> e foi superior ao sistema em rotação. A adubação mineral foi superior às demais, produzindo em média 7.277 kg ha<sup>-1</sup>, contudo apresentou 54,62% de plantas acamadas, fato este que resultaria em perdas significativas na produtividade, caso a colheita tivesse sido mecanizada.

**Palavras-chave:** sistema plantio direto, rotação de culturas, adubação orgânica.

**ABSTRACT. Culture systems and use of different fertilizers in the production of corn silage and grains.** The aim of this research was to evaluate the performance of the corn crop for silage and grain production, cultivated under different culture systems and fertilizations. The experiment was performed using a completely randomized design in a factorial scheme. The factors were two culture systems (no-tillage with crop succession and no-tillage with crop rotation) and three sources of fertilization (organic, mineral and organic-mineral), with four repetitions, totaling 24 plots. The results of production of full-plant ensilage in the systems as well as in the fertilization did not differ statistically. The results of humid grain production in the system in succession and in mineral fertilization were superior than the others treatments, producing 10,823 and 10,815 kg ha<sup>-1</sup>, respectively; however, they did not increase ensilage quality. Regarding the grain harvest, the system in succession produced 6,820 kg ha<sup>-1</sup> on average, and was superior to the crop rotation system. The results of mineral fertilization were superior to the organic and the organic-mineral fertilizations, producing on average 7,277 kg ha<sup>-1</sup>; however, that system featured 54.62% of damped-off plants, which could have resulted in significant yield lost had the harvest been mechanized.

**Keywords:** no-tillage, crop rotation, organic fertilization.

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.), por seu potencial produtivo, sua composição química e seu valor nutritivo, entre outros fatores, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), sendo utilizado tanto para a alimentação humana quanto para a animal. Entre as várias formas de aproveitamento do milho na alimentação animal, destacam-se os processos de ensilagem de planta inteira e ensilagem de grão

úmido, que têm por principais objetivos otimizar o valor nutritivo, reduzir gastos e melhorar a capacidade de armazenamento.

O milho também tem um importante papel dentro dos sistemas integrados e sustentáveis de produção, especialmente no Estado do Paraná. A agricultura sustentável é dada pelo manejo e conservação dos recursos naturais de modo tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável. Tal desenvolvimento sustentável implica em práticas conservacionistas, como a adoção do Sistema Plantio Direto (SPD),

com um sistema de rotação de culturas bem planejado (SILVA et al., 2008), visando a produção de uma quantidade adequada de resíduos culturais na superfície do solo (SILVA et al., 2006).

Por ser uma das mais importantes gramíneas para o cultivo comercial na safra de verão e fornecer expressiva quantidade de palha e matéria orgânica ao sistema (SILVA et al., 2009), o milho adequa-se muito bem ao SPD. Estratégias como a utilização de plantas de cobertura também se encaixam perfeitamente em um sistema sustentável de produção, pois estas contribuem para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, conforme comprovam Souza Neto et al. (2008), Weber e Mielniczuk (2009) e Silva et al. (2007), respectivamente. Tais melhorias possibilitam incrementos nas produtividades das culturas, como comprovado por Collier et al. (2006) para o milho. A aplicação de resíduos agropecuários é outra potencial alternativa. Estudos comprovam a eficiência de dejetos suínos (CERETTA et al., 2005; FREITAS et al., 2004) e cama de aviário (HIRZEL et al., 2007; WALTER et al., 2009) na produção de milho.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do milho para produção de silagem e de grãos, quando submetido a diferentes sistemas de cultivo (sucessão e rotação de culturas), bem como a sua resposta a diferentes adubações (mineral, orgânica e organomineral).

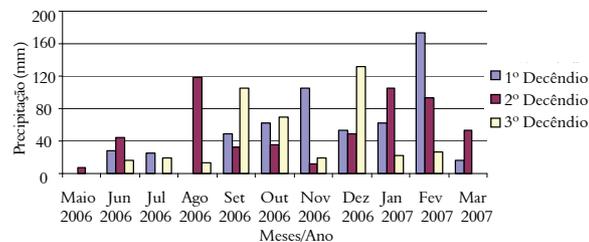
## Material e métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Prof<sup>o</sup>. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná. O município tem uma altitude média de 420 m, o solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006) e o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa (subtropical úmido, com temperaturas médias anuais variando entre 17 e 19°C e precipitações totais entre 1.200 e 2.000 mm, bem distribuídas durante o ano, e verões quentes).

Os dados de precipitação pluviométrica durante a realização do experimento encontram-se na Figura 1. Esses dados foram obtidos próximo à área experimental, na estação meteorológica da Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná.

O delineamento experimental adotado foi de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 x 3, composto por dois sistemas de cultivo

(plântio direto com sucessão de culturas e plântio direto com rotação de culturas) e três fontes de adubação (orgânica, mineral e organomineral), com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Cada unidade experimental apresentava 12 m de comprimento e 7,4 m de largura, totalizando uma área de 88,8 m<sup>2</sup>. As avaliações compararam os diferentes sistemas dentro de um ano agrícola (2006/2007). Os tratamentos foram compostos pela associação entre os sistemas de cultivo e as adubações.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica acumulada a cada decênio, entre os meses de maio de 2006 e março de 2007. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

O sistema em sucessão foi implantado em 12 parcelas, as quais foram semeadas com trigo no inverno e milho no verão, e ambas as culturas foram adubadas, conforme o delineamento, com as diferentes fontes de adubação: mineral, orgânica ou organomineral. A cultura do trigo foi adubada conforme análise do solo e recomendação de adubação para a cultura. As parcelas adubadas mineralmente receberam 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O nitrogênio foi parcelado, com a aplicação de 25 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, por ocasião da emergência, e o restante (25 kg ha<sup>-1</sup>) no período de perfilhamento. As parcelas orgânicas foram adubadas exclusivamente com biofertilizante de origem suína, aplicado sobre a superfície do solo três dias antes da semeadura, na quantidade de 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para suprir a necessidade de nitrogênio da cultura (50 kg ha<sup>-1</sup>). As parcelas organominerais também receberam 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de biofertilizante de suínos, além das complementações de P e K (distribuídas manualmente a lanço por ocasião da semeadura), nas formas de SFS e KCl, respectivamente, nas quantidades de 5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

O sistema em rotação foi implantado nas demais parcelas e recebeu um consórcio de adubos verdes no inverno e milho no verão. O consórcio de adubos verdes, contendo aveia-preta (*Avena strigosa*), ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), nas quantidades de 50, 20 e 10 kg de semente por hectare, respectivamente, foi semeado mecanicamente e sem nenhum tipo de

adubação. Os adubos verdes foram manejados após a fase de florescimento do nabo forrageiro, de modo que os resíduos vegetais permanecessem sobre a superfície do solo. Antes do plantio do milho, quantificou-se a matéria seca deixada pelo consórcio de adubos verdes. Determinando-se o nitrogênio pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995) e considerando que 40% da massa seca é carbono (CERETTA et al., 2002b), calculou-se também a relação C/N da matéria seca dos adubos verdes.

A cultura do milho foi semeada mecanicamente. Empregou-se o híbrido simples 30F80 da Pioneer, num espaçamento entrelinhas de 0,80 m, semeando, a princípio dez sementes metro<sup>-1</sup>. Cinco dias após a emergência, procedeu-se o raleio das plantas com o objetivo de atingir uma população de 62.500 plantas ha<sup>-1</sup>. A implantação da cultura do milho ocorreu concomitantemente e de igual maneira em ambos os sistemas, os quais receberam as diferentes adubações.

A adubação do milho foi feita com base na análise do solo (Tabela 1), utilizando-se 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, 52 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo realizada manualmente, a lanço, logo após a semeadura, para possibilitar melhor distribuição do adubo na parcela. Utilizou-se a formulação 8-28-16 na quantidade de 188 kg ha<sup>-1</sup>, e o restante da dose de nitrogênio (105 kg ha<sup>-1</sup>) foi parcelado em duas aplicações: 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, quando o milho apresentava-se com quatro folhas totalmente expandidas; o restante (55 kg ha<sup>-1</sup> de N) quando o milho apresentava-se com sete folhas totalmente expandidas.

Para as adubações orgânica e organomineral, utilizou-se como critério o suprimento da necessidade de N pela cultura, ou seja, 120 kg ha<sup>-1</sup>. Para tanto, foram aplicados 340 L parcela<sup>-1</sup> (38 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de biofertilizante em cobertura, antes do plantio do milho, com o auxílio de um distribuidor de fertilizantes líquidos. A quantidade de biofertilizante a ser aplicada foi calculada em função da análise química do mesmo (Tabela 2). Devido ao total suprimento da recomendação pela adubação orgânica, não houve a complementação com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O nos sistemas com adubação organomineral.

Implantada a cultura do milho, definiram-se as três épocas de amostragem. A primeira quando a cultura encontrava-se na fase de grão leitoso, ideal

para silagem de planta inteira, com teor de água entre 40 a 60%; a segunda na fase de maturação fisiológica, ideal para silagem de grão úmido, com teor de água no grão entre 35 a 40% e a terceira na colheita dos grãos, fase de grão maduro com teor de água próximo a 13%.

Durante o período de florescimento do milho foram efetuadas amostragens do tecido foliar para avaliar o estado nutricional das plantas. Coletou-se o terço médio com nervura da folha oposta e abaixo da inserção da espiga, num total de 10 folhas por unidade experimental. As folhas coletadas foram lavadas em água destilada e secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55°C por 72h. Em seguida, as amostras foram submetidas às determinações do teor de nitrogênio (N) pelo método Kjeldhal, e teores totais de P e K, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Para as avaliações de silagem de planta inteira, foram coletadas quatro plantas por parcela, localizadas fora da parcela útil (dada pelas quatro linhas centrais, descartando-se 2 m de cada extremidade) e todas as avaliações foram realizadas utilizando estas quatro plantas. As avaliações foram as seguintes: altura de planta (cm), diâmetro de colmo (mm), número de folhas, massa de matéria seca de colmo (g planta<sup>-1</sup>), massa de matéria seca de espiga (g planta<sup>-1</sup>), massa de matéria seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>), massa de matéria seca de inflorescência (g planta<sup>-1</sup>) e, conseqüentemente, massa de matéria seca de parte aérea (g planta<sup>-1</sup>). Para fins de melhor entendimento, as médias de massa de matéria seca de parte aérea (MSPA), dadas em g planta<sup>-1</sup>, foram transformadas em kg ha<sup>-1</sup>.

Para as avaliações de silagem de grão úmido, também foram coletadas quatro plantas por parcela localizadas fora da parcela útil. As avaliações foram as seguintes: massa de matéria seca de parte aérea (menos os grãos) (g planta<sup>-1</sup>), massa de matéria seca de grãos (g planta<sup>-1</sup>) e teor de proteína bruta no grão (%), resultante da multiplicação do percentual de N no grão por 6,25. A porcentagem de N foi obtida pelo método proposto por Tedesco et al. (1995). Para facilitar o entendimento e a discussão dos resultados, as médias de massa de matéria seca de grãos, dadas em g planta<sup>-1</sup>, foram transformadas em kg ha<sup>-1</sup> e tiveram a umidade corrigida a 35% (umidade padrão para a produção silagem de grão úmido).

**Tabela 1.** Características químicas do solo, para os dois sistemas de produção, na camada de 0 - 20 cm, antes da implantação da cultura do milho. Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

Sistemas	pH	P	M.O.	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V
	Ca Cl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							
Sucessão	4,72	24	23	5,35	0,20	0,49	3,36	1,44	5,29	10,84	49
Rotação	4,79	29	25	5,35	0,10	0,61	3,47	1,48	5,56	11,01	51

P e K extrator Mehlich-1. Al, Ca e Mg solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Características químicas do biofertilizante proveniente de dejetos de suínos, utilizado na adubação do milho. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
3,15	1,37	0,78	42,10	2,7	87,0	332,0	27,3	438,0

A colheita do milho foi realizada manualmente, sendo feitas as seguintes avaliações: altura de inserção da primeira espiga (cm), comprimento de espiga (cm), diâmetro de espiga (mm), número de grãos espiga<sup>-1</sup>, diâmetro de sabugo (mm), porcentagem de acamamento (%), a qual foi obtida pela contagem das plantas acamadas de cada parcela útil - considerou-se como planta acamada aquela que estava quebrada abaixo da inserção da espiga -, índice de espiga (relação entre o número de espigas e o número de plantas da parcela útil), massa de 1.000 grãos e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>).

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, considerando-se 5% de probabilidade para ambos os testes.

## Resultados e discussão

A interação entre sistemas e adubações não foi significativa para nenhuma das variáveis avaliadas, sendo os dados obtidos apresentados e discutidos separadamente.

Os resultados obtidos nas avaliações feitas na fase de silagem de planta inteira (Tabelas 3 e 4) mostraram não haver diferença estatística entre os diferentes sistemas e adubações, exceto pelo número superior de folhas do milho em sistema de rotação.

**Tabela 3.** Médias das variáveis vegetativas altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC) e número de folhas (NF) de milho cultivado em diferentes sistemas e adubações. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

	AP (m)	DC (mm)	NF
Sistema			
Sucessão	2,16 A	20,26 A	14,38 B
Rotação	2,01 A	20,23 A	14,79 A
DMS	0,11	1,02	0,34
Adubação			
Mineral	2,16 A	20,49 A	14,60 A
Orgânica	2,10 A	19,97 A	14,60 A
Organomineral	2,13 A	20,28 A	14,56 A
DMS	0,16	1,52	0,51
CV (%)	5,88	5,77	2,71

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença estatística também entre os sistemas e adubações para as variáveis massa de matéria seca de colmo, massa de matéria seca de espiga, massa de matéria seca de folhas, massa de matéria seca de inflorescência e, conseqüentemente, massa de matéria seca de parte aérea (Tabela 4), fatores estes importantes, pois têm relação direta

com a produção total de silagem. O experimento como um todo apresentou produção média de massa de matéria seca da parte aérea de 12.274 kg ha<sup>-1</sup>, valor este próximo aos obtidos por Freitas et al. (2004), que em estudo com águas residuárias de suinocultura bruta e peneirada, obtiveram uma produção de massa de matéria seca de 13.330 e 12.870 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O resultado obtido é considerável, uma vez que no tratamento mineral foram aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, 52 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, fato que, do ponto de vista econômico, representa custos expressivos de produção. No caso dos tratamentos organomineral e orgânico, as exigências nutricionais da cultura do milho foram supridas com a aplicação do efluente de biodigestor e o consórcio de adubos verdes, fontes renováveis de nutrientes, tornando este resultado satisfatório para as parcelas orgânicas e organominerais. Alguns estudos ainda comprovam o efeito positivo e gradual da adubação orgânica. Hirzel et al. (2007) e Walter et al. (2009), em estudos avaliando os efeitos imediatos e residuais da utilização de cama de aviário obtiveram produções de silagem com adubação orgânica superiores às obtidas com adubação mineral a partir do terceiro ano de condução dos estudos.

**Tabela 4.** Médias de massa de matéria seca de colmo (MMSC), massa de matéria seca de espiga (MMSE), massa de matéria seca de folhas (MMSF), massa de matéria seca de inflorescência (MMSI) e massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA) de milho cultivado em diferentes sistemas e adubações. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

	MMSC	MMSE	MMSF	MMSI	MMSPA
	g planta <sup>-1</sup>			kg ha <sup>-1</sup>	
Sistema					
Sucessão	63,57 A	97,65 A	34,95 A	3,60 A	12.508 A
Rotação	62,06 A	92,31 A	34,42 A	3,52 A	12.041 A
DMS	6,00	8,69	2,95	0,24	1.043
Adubação					
Mineral	62,31 A	98,57 A	35,17 A	3,63 A	12.503 A
Orgânica	62,50 A	93,91 A	34,71 A	3,49 A	12.185 A
Organomineral	63,32 A	92,45 A	34,18 A	3,57 A	12.135 A
DMS	8,96	12,97	4,41	0,36	1.557
CV (%)	10,98	10,51	9,78	7,78	9,76

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Entre as médias de massa matéria seca de parte aérea na fase de silagem de grão úmido (Tabela 5), que equivalem à quantidade de matéria seca deixada pela cultura no solo, houve diferença estatística apenas entre os sistemas, e o sistema em sucessão mostrou-se superior estatisticamente ao sistema em

rotação. Para a mesma variável, as diferentes adubações mostraram-se iguais estatisticamente. Conforme Cogo et al. (2003), a cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais deixados na superfície tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva, a qual diminui a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial e aumenta a infiltração de água.

**Tabela 5.** Médias de massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA), massa de grãos com 35% de umidade (MGU) e teor de proteína bruta no grão (PB) de milho cultivado em diferentes sistemas e adubações. Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

	MMSPA (kg há <sup>-1</sup> )	MGU (kg ha <sup>-1</sup> )	PB (%)
Sistema			
Sucessão	10.806 A	10.823 A	8,87 A
Rotação	10.008 B	9.612 B	8,34 A
DMS	772	811	0,28
Adubação			
Mineral	10.685 A	10.815 A	8,88 A
Orgânica	10.396 A	10.246 AB	8,66 A
Organomineral	10.140 A	9.595 B	8,28 A
DMS	1.153	1.211	0,42
CV (%)	8,53	9,12	3,77

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É possível verificar, na Tabela 5, que os sistemas de produção diferiram estatisticamente entre si para a massa de grãos úmidos. Com uma produtividade média de grãos úmidos de 10.823 kg ha<sup>-1</sup>, o sistema em sucessão mostrou-se superior ao sistema em rotação, que produziu em média 9.612 kg ha<sup>-1</sup>. Entre as adubações, a mineral foi superior estatisticamente apenas à organomineral. As parcelas adubadas organicamente produziram em média 10.246 kg ha<sup>-1</sup>, igualando-se estatisticamente às minerais, porém não diferiram das organominerais. Deve-se ressaltar que apesar de os tratamentos organomineral e orgânico terem recebido a mesma quantidade de efluente de biodigestor, sem nenhum tipo de complementação para o tratamento organomineral, a diferenciação dos tratamentos se deu pelas culturas de inverno. Quanto à porcentagem de proteína bruta nos grãos úmidos, os sistemas de produção e as adubações mostraram-se semelhantes estatisticamente, apresentando o experimento como um todo um teor médio de proteína no grão de 8,61%.

Os resultados das avaliações do milho na fase de colheita são apresentados na Tabela 6. A altura de inserção de espiga, com uma média de 100,28 cm, apresentou-se igual estatisticamente para os sistemas e para as adubações. Os sistemas diferiram estatisticamente entre si no comprimento de espiga,

diâmetro de espiga e número de grãos espiga<sup>-1</sup>, sendo o sistema em sucessão superior nas três variáveis. Este fato, muito provavelmente, foi o responsável pela maior produtividade do sistema em sucessão, uma vez que o número de grãos espiga<sup>-1</sup> é um componente essencial para o rendimento da cultura (BORTOLINI et al., 2001). Em relação às adubações, a mineral, embora estatisticamente igual à orgânica para todas as variáveis, mostrou-se superior à organomineral nas avaliações de comprimento de espiga, número de grãos espiga<sup>-1</sup> e diâmetro do sabugo.

**Tabela 6.** Médias de altura de inserção da espiga (AIE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de grãos espiga<sup>-1</sup> (NGE) e diâmetro de sabugo (DS) de milho cultivado em diferentes sistemas e adubações. Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

	AIE (cm)	CE (cm)	DE (mm)	NGE	DS (mm)
Sistema					
Sucessão	101,23 A	16,70 A	42,73 A	489,42 A	27,66 A
Rotação	99,33 A	15,82 B	42,51 B	453,17 B	27,21 A
DMS	4,58	0,78	0,66	26,74	0,52
Adubação					
Mineral	101,97 A	16,90 A	43,34 A	492,83 A	27,95 A
Orgânica	98,06 A	16,24 AB	43,34 A	470,59 AB	27,33 AB
Organomineral	100,81 A	15,63 B	42,68 A	450,46 B	27,02 B
DMS	6,85	1,17	0,99	39,93	0,77
CV (%)	5,25	5,53	1,76	6,52	2,16

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença estatística entre os sistemas e entre as adubações para as avaliações de massa de 1.000 grãos, índice de espiga e população final de plantas (Tabela 7). Quanto à porcentagem de acamamento, devido a fortes ventos ocorridos alguns dias antes da colheita, os sistemas não diferiram estatisticamente entre si; houve, contudo, diferença significativa entre as adubações. A adubação mineral, apesar de apresentar maior produtividade, foi estatisticamente superior às adubações organomineral e orgânica para a porcentagem de plantas acamadas.

A maior porcentagem de plantas acamadas (54,62%) nas parcelas que receberam adubação mineral pode ser reflexo de um desequilíbrio entre as absorções de potássio (K) e nitrogênio (N). Esta afirmação está baseada em algumas citações como as de Souza e Fernandes (2006), cujos quais comentam que a absorção de N estimula o crescimento vegetativo da planta, bem como a sua presença estimula a absorção de Malavolta (1980) também relata a importância do K na resistência ao acamamento, principalmente nas culturas do arroz e do milho. O efeito é particularmente significativo na presença de altas doses de N. O K acelera a lignificação das células esclerenquimáticas e aumenta a espessura das paredes celulares do colmo,

especialmente na parte inferior, o que explica a maior resistência oferecida pela planta ao acamamento pelo vento.

**Tabela 7.** Médias de massa de mil grãos (MMG), índice de espiga (IE), população final de plantas (POP), porcentagem de acamamento (% A) e produtividade (PROD) de milho cultivado em diferentes sistemas e adubações. Uniãoeste. Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, 2007.

	MMG (g)	IE	POP (pl ha <sup>-1</sup> )	% A	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
Sistema					
Sucessão	248,62 A	0,991 A	62.370 A	41,07 A	6.820,21 A
Rotação	243,29 A	0,993 A	62.858 A	33,37 A	6.179,28 B
DMS	5,58	0,012	3.205	11,72	482,99
Adubação					
Mineral	248,25 A	0,996 A	63.233 A	54,62 B	7.276,73 A
Orgânica	244,28 A	0,995 A	62.305 A	32,99 A	6.335,14 B
Organomineral	245,33 A	0,986 A	62.305 A	24,05 A	5.887,37 B
DMS	8,33	0,018	4.787	17,50	721,25
CV (%)	2,61	1,42	5,88	36,18	8,54

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A adubação mineral apresentou teores médios de N e K no tecido foliar do milho, de 23,63 e 11,38 g kg<sup>-1</sup>. Na adubação orgânica, esses valores foram de 20,90 e 11,13 g kg<sup>-1</sup> e na organomineral de 19,69 e 10,76 g kg<sup>-1</sup> para N e K, respectivamente. Analisando tais dados, nota-se que a proporção de absorção de N em relação à absorção de K foi maior nas parcelas com adubação mineral (2,08) do que nas parcelas com adubação orgânica (1,88) e organomineral (1,84), fato que pode explicar a maior porcentagem de acamamento das parcelas com adubação mineral. O teor de fósforo (P) no tecido foliar do milho não diferiu entre os sistemas e adubações, sendo o teor médio (7,08 g kg<sup>-1</sup>), superior aos teores considerados adequados estabelecidos por Malavolta et al. (1997). Este fato pode ser atribuído ao maior teor de umidade existente no solo em sistema de plantio direto, o que favorece o fluxo difusivo do P no solo (COSTA et al., 2006).

Em relação à produtividade da cultura do milho, o sistema de produção em sucessão foi superior ao sistema em rotação, bem como a adubação mineral foi superior às demais (Tabela 7). Os resultados de produtividade, de um modo geral, assemelharam-se aos obtidos por Mahl et al. (2008), que avaliando o efeito da escarificação ao longo do tempo em plantio direto, obtiveram produtividades entre 6.149 e 6.919 kg ha<sup>-1</sup> nos dois anos agrícolas do experimento. Entretanto, vale ressaltar que a colheita total das parcelas foi realizada de forma manual. Caso fosse necessária a colheita mecanizada, a produtividade das parcelas com adubação mineral teria sido muito afetada, pois grande parte das espigas seria perdida por se encontrar muito próxima ao solo, impossibilitando a colheita mecanizada.

A diferença entre os sistemas pode ser justificada pelo fato de os sistemas com rotação não terem recebido nenhum tipo de adubação no inverno (não houve, assim, o efeito residual desta na safra de verão) e/ou pela relativa baixa produção e alta relação C/N da matéria seca deixada no solo pelo consórcio de adubos verdes antes do plantio do milho em sistema de rotação. A produção média de massa de matéria seca do consórcio de adubos verdes foi de 4.984 kg ha<sup>-1</sup>, resultado este semelhante aos obtidos por Giacomini et al. (2003), que avaliando o efeito de cultivos isolados e consorciados de aveia, ervilhaca e nabo sobre a produção de fitomassa, relação C/N e acúmulo de N, P e K na parte aérea das plantas no decorrer de três anos, obtiveram produções de massa de matéria seca variando entre 3.300 e 5.600 kg ha<sup>-1</sup> para os consórcios.

A relação C/N de 34 apresentada pelo consórcio de adubos verdes foi superior às obtidas por Strieder et al. (2006), que, ao avaliar o desenvolvimento inicial da planta de milho cultivado em sucessão a quatro sistemas de coberturas de solo de inverno, com diferentes relações C/N de seus resíduos, obteve relações C/N de 13, 11 e 28 para a ervilhaca comum, nabo forrageiro e aveia-preta, respectivamente. Conforme Allison (1966), o equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização ocorre em materiais com valores de C/N entre 25 e 30. Tamanha é a importância da relação C/N, que alguns estudos a utilizam em modelos para prever a disponibilidade de N no solo durante a decomposição de materiais orgânicos (NICOLARDOT et al., 2001).

Avaliando o efeito de diferentes espécies de cobertura, em sistema de plantio direto, sobre as propriedades químicas do solo e o efeito subsequente desta na produtividade do milho na região Oeste do Estado do Paraná, Andreotti et al. (2008) obtiveram a maior produtividade (7.625 kg ha<sup>-1</sup>) quando o milho foi cultivado em sucessão a um mix de adubos verdes. Os autores atribuíram esse resultado à presença de leguminosas no mix, e estas provavelmente amenizaram os problemas de imobilização de N pela redução da relação C/N da palhada. A relação C/N das culturas de cobertura influi na taxa de mineralização dos resíduos orgânicos, na imobilização e na liberação de nitrogênio ao solo, sendo a decomposição 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 decomposição dos resíduos depositados na superfície (AMADO et al., 2002). Assim, com base nos resultados de Ceretta et al. (2002a e b) pode-se inferir que essa menor produtividade dos sistemas em rotação seja, em

parte, consequência da imobilização de N pelos resíduos das plantas de cobertura.

Como dito, a adubação mineral foi superior às adubações orgânica e organomineral, que foram similares estatisticamente. A menor produtividade dos sistemas adubados organicamente pode ser explicada pelo pouco tempo de instalação dos mesmos, além de que os adubos orgânicos possuem menor solubilidade, tornando os nutrientes disponíveis de maneira gradativa. Espera-se, contudo, uma melhoria na produtividade do sistema orgânico nas safras seguintes, pois os adubos orgânicos, dadas suas características de disponibilidade de nutrientes e outras relações enzimáticas, proporcionam melhorias nas propriedades do solo de forma gradual, porém contínua, corroborando as afirmações de Reddy et al. (2000) e Ghosh et al. (2004).

### Conclusão

Ambos os sistemas e adubações apresentaram-se eficientes para produção de silagem de planta inteira. Na fase de produção de silagem de grão úmido as adubações não diferiram entre si. O sistema em sucessão por sua vez, mostrou-se mais eficiente com relação à quantidade de material produzido, porém não diferiu do sistema em rotação quanto à qualidade do mesmo. A produtividade do milho foi superior quando em sucessão e sob adubação mineral. Ressalta-se, contudo, a necessidade de estudos de maior duração para a constatação ou não dos efeitos esperados da rotação de culturas e da adubação orgânica em condições do Oeste do Paraná.

### Referências

- ALLISON, F. E. The fate of nitrogen applied to soils. **Advances in Agronomy**, v. 18, p. 219-258, 1966.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta à adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002a.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002b.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E. E.; GIROTTI, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquido de suínos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1287-1295, 2005.
- COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.
- COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1100-1105, 2006.
- COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 828-835, 2006.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI, 2006.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.
- FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004.
- GHOSH, P. K.; RAMESH, P.; BANDYOPADHAYAY, K. K.; TRIPATHI, A. K.; HATI, K. M.; MISRA, A. K.; ACHARYA, C. L. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer - NPK on three cropping systems in vertisols of semi arid tropics. I. Crop yields and system performance. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 1, p. 77-83, 2004.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. 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**, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.
- HIRZEL, J.; WALTER, I.; UNDURRAGA, P.; CARTAGENA, M. Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties

- derived from volcanic ash. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 53, n. 4, p. 480-488, 2007.
- MAHL, D.; SILVA, R. B.; GAMERO, C. A.; SILVA, P. R. A. Resistência do solo à penetração, cobertura vegetal e produtividade do milho em plantio direto escarificado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, Supl., p. 741-747, 2008.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997.
- 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**, v. 228, n. 1, p. 83-103, 2001.
- REDDY, D. D.; RAO, A. S.; RUPA, T. R. Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a Vertisol. **Bioresource Technology**, v. 75, n. 2, p. 113-118, 2000.
- SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; PIANA, A. T.; STRIDER, M. L.; JANDREY, D. B.; ENDRIGO, P. C. Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies inverniais para produção de palha e grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 987-993, 2008.
- SILVA, M. A. G.; PORTO, S. M. A.; MANNIGEL, A. R.; MUNIZ, A. S.; MATA, J. D. V.; NUMOTO, A. Y. Manejo da adubação nitrogenada e influência no crescimento da aveia preta e na produtividade do milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 275-281, 2009.
- SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. L. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, 2007.
- SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para o cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, 2006.
- SOUZA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, N. 2, p. 255-260, 2008.
- SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.
- STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; RAMBO, L.; ENDRIGO, P. C. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 879-890, 2006.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEIS, S. J.; BOHMEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim técnico de solos, 5).
- WALTER, I.; HIRZEL, J.; NOVOA, F.; UNDURRAGA, P. Short-term effects of poultry litter application on silage maize and soil chemical properties. **Compost Science and Utilization**, v. 17, n. 3, p. 189-196, 2009.
- WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 429-437, 2009.

*Received on January 25, 2008.*

*Accepted on August 6, 2008.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.