

## Características Agronômicas do Milho sob duas Fontes de Adubação em Sucessão a Culturas de Inverno

Tatiana Pagan Loeiro da Cunha<sup>1</sup>, Fernando Marcelo Chiamolera<sup>2</sup>, Fábio Biela<sup>3</sup>, Simone de Melo Santana<sup>4</sup> e Cláudia Regina Dias-Arieira<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Aluna de Mestrado do Programa de Produção Vegetal - FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, SP, bolsista Capes, [tatiana.pagan@hotmail.com](mailto:tatiana.pagan@hotmail.com) <sup>2</sup> Aluno de Doutorado do Programa de Produção Vegetal - FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, SP, bolsista Capes, [chiamolera@hotmail.com](mailto:chiamolera@hotmail.com) <sup>3</sup> Aluno de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas) - UEM - Maringá, PR, bolsista Capes, [fbiela@hotmail.com](mailto:fbiela@hotmail.com) <sup>4</sup> Aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas) - UEM - Maringá, PR, bolsista Capes [simonica86@hotmail.com](mailto:simonica86@hotmail.com) <sup>5</sup> Professora Doutora do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá - UEM. Estrada da Paca, s/n, CEP 87507-190 - Umuarama, PR, [rdiasarieira@hotmail.com](mailto:rdiasarieira@hotmail.com)

**RESUMO** - O trabalho teve como objetivo estudar o efeito de espécies vegetais de clima temperado e duas fontes de adubação sobre os componentes de produção relacionados à produtividade da cultura do milho safra verão, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta, sob sistema de plantio direto no Arenito Caiuá, Região Noroeste do Paraná. O experimento foi conduzido em faixas, constituído de seis blocos, compostos por 16 tratamentos (oito culturas de inverno e duas fontes de adubação). O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390PRO (ciclo precoce). Os componentes de produção avaliados foram: comprimento e diâmetro de espigas; população final de plantas, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Pode-se concluir que todos os sistemas de sucessão mostraram-se viáveis agronomicamente para a produção de grãos de milho na Região do Arenito Caiuá, aliados ao adequado manejo nutricional da cultura, com destaque para a sucessão ervilhaca/milho, adubado com cama de aves, que proporcionou o maior rendimento de grãos para o milho.

**Palavras-chave:** adubos verdes de inverno, cama de aves, formulado comercial, componentes de produção, *Zea mays*.

### Introdução

A cadeia produtiva do milho é um dos segmentos econômicos mais importantes do agronegócio brasileiro, devido às suas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação humana e animal até indústrias de alta tecnologia, além de fatores econômicos e sociais. Considerando apenas a produção primária, o milho responde por aproximadamente 37% da produção nacional de grãos (MAPA, 2007).

No Brasil, a cultura do milho safra verão (2010/11) ocupou uma área de 7,92 milhões de hectares, alcançando produção de 35,93 milhões de toneladas de grãos, onde o Estado do Paraná, principal produtor nacional, respondeu por 9,70% da área cultivada (768 mil hectares) e 16,83% da produção nacional (6,05 milhões de toneladas) (CONAB, 2012). O rendimento médio de grãos da cultura do milho no Brasil, em torno de 4.400 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012), é considerado baixo, quando comparado ao de outros países produtores, como Argentina (7.000 kg ha<sup>-1</sup>) e EUA (9.000 kg ha<sup>-1</sup>) (COSTA et al., 2010).

Além das condições climáticas favoráveis e do sistema de produção adotado, a otimização do potencial produtivo do milho depende de sua adequada nutrição. A adubação nitrogenada tem papel importante, por ser o nitrogênio um dos elementos que apresentam os maiores efeitos no aumento da produção de grãos na cultura do milho (BULL, 1993).

Com uma agricultura voltada ao manejo sustentável do solo, houve aumento das práticas conservacionistas do solo, tendo o sistema plantio direto como uma das melhores alternativas para a manutenção dos recursos naturais na utilização dos solos (OLIVEIRA et al., 2002), junto à rotação de culturas com adubos verdes, proporcionando incremento no teor de matéria orgânica, contribuindo com a conservação e melhoria da estrutura do solo (MIYASAKA et al., 1983; CALEGARI et al., 1993). Esses sistemas de manejo melhoram o aproveitamento dos adubos químicos, pois aumentam a atividade biológica do solo (HERNANI et al., 1995). O uso combinado de adubos minerais e de adubação verde constitui uma prática de manejo em que se procura preservar a qualidade ambiental sem prescindir da elevada produtividade das culturas (ARF et al., 1999).

Alguns resultados obtidos indicam que leguminosas, em decorrência da sua capacidade em fixar biologicamente o N<sub>2</sub> atmosférico e da elevada taxa de decomposição dos resíduos culturais, são capazes de fornecer quantidades significativas de nitrogênio ao milho em sucessão (AITA et al., 2001), assim como o nabo forrageiro, que possui elevada capacidade de ciclagem desse nutriente (AMADO et al., 2002). A aveia acumula menor quantidade de nitrogênio na fitomassa, liberando-o lentamente após o seu manejo (AITA et al., 2001).

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de espécies vegetais cultivadas durante o inverno e duas fontes de adubação sobre os componentes de produção relacionados à produtividade da cultura do milho, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta no sistema plantio direto no Arenito Caiuá, Região Noroeste do Paraná.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na safra 2010/2011, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, em Umuarama-PR (23°47'S; 53°18'W), a 430 m de altitude. O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido.

O solo da área experimental é constituído de um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, com textura arenosa. Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm. Foram encontrados os seguintes resultados:

pH (H<sub>2</sub>O): 5,0; M.O.: 15 g kg<sup>-1</sup>; P (Mehlich-1) e K: 3,5 e 78 mg dm<sup>-3</sup>; Ca, Mg, H+Al, SB e CTC: 1,0; 0,4; 3,2; 49 e 4,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente e, V = 34%.

O experimento foi conduzido em faixas, constituído de seis blocos, composto por 16 tratamentos cada, sendo oito culturas de inverno [aveia-preta cv. IAPAR 61 Ibiporã (*Avena strigosa* Schieb.), chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), feijoeiro comum cv. IPR 139 (*Phaseolus vulgaris* L.), nabo forrageiro cv. IPR 116 (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) e trigo cv. CD 117 (*Triticum aestivum* L.), consórcio aveia-preta+nabo forrageiro e pousio] subdividas por duas fontes de adubação (cama de aves e formulado comercial).

O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390PRO espaçado 0,90 m entre fileiras. A adubação de base foi realizada com aplicação de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de cama de aves e 650 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 04-28-16 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), em seus respectivos tratamentos. As subparcelas em que foi aplicado formulado comercial receberam nitrogênio (110 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de uréia, em cobertura com três parcelamentos (estádios fenológicos V<sub>3</sub>, V<sub>7</sub> e V<sub>11</sub>) seguindo a proposta de Ritchie & Hanway (1993). Durante o experimento, as plantas foram irrigadas por sistema de aspersão.

Foram realizadas as seguintes avaliações: comprimento e diâmetro de espigas; população final de plantas, produtividade e massa de 100 grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5%.

## Resultados e Discussão

A análise dos dados mostrou que não houve efeito dos fatores estudados (culturas de inverno e fontes de adubação) frente às variáveis (comprimento e diâmetro de espiga; população, massa de 100 grãos e produtividade), exceto para a interação culturas de inverno x fontes de adubação em diâmetro de espiga e produtividade (Tabela 1).

Comprimento, diâmetro, número de espigas por unidade de área e massa de grãos são características que determinam o potencial de rendimento do milho (OHLAND et al., 2005). O comprimento (Tabela 1) e o diâmetro médio de espiga (Tabela 2) foram maiores do que os observados por Ohland et al. (2005). Este fato também pode estar relacionado ao número de plantas presentes no estande final, pois Dourado Neto et al. (2003) verificaram que, nas populações compreendidas entre 30 mil e 60 mil plantas por hectare, os genótipos de milho apresentaram incremento do comprimento de espiga em função do arranjo espacial. Entretanto, o comprimento e diâmetro da espiga do milho visam ao aumento da massa de

grãos, pois estes atuam indiretamente para o aumento da massa de grãos (FANCELLI & DOURADO-NETO, 1999).

A população de plantas (Tabela 1) foi reduzida em 25% em relação ao estande final esperado (65 mil plantas ha<sup>-1</sup>), possivelmente em virtude da precipitação elevada ocorrida no dia seguinte à sementeira, que pode ter ocasionado selamento superficial, restrição mecânica imposta pelo solo, que exerce resistência à emergência das plântulas (AMARAL et al., 2008).

No que concerne à massa de 100 grãos (Tabela 1), o valor médio observado foi de 34,56 g, sendo que os fatores estudados não tiveram efeito sobre a mesma. Esta é uma característica influenciada pelo genótipo, disponibilidade de nutrientes e condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos (OHLAND et al., 2005), além dos fatores que controlam a oferta de assimilados para o seu completo enchimento, relacionados com a quantidade de radiação interceptada pela cobertura vegetal da cultura, eficiência metabólica das plantas, eficiência de translocação de fotossintatos das folhas e colmos para os grãos em crescimento e capacidade de dreno (TOLLENAAR, 1977).

Analisando o desdobramento da interação culturas de inverno x fontes de adubação para diâmetro de espiga (Tabela 2), verificou-se que as culturas de inverno que antecederam o cultivo de milho dentro das fontes de adubação, houve efeito para a fonte orgânica, onde as espigas das plantas cultivadas após o feijoeiro apresentaram diâmetro médio 3,73 mm superior às espigas do tratamento aveia+nabo forrageiro. Quanto às fontes de adubação em cada cultura de inverno, verificou-se efeito significativo no diâmetro de espigas oriundas do milho cultivado após aveia+nabo forrageiro e feijoeiro, sendo no primeiro, a adubação química, em média, 2,73 mm superior e, no segundo, a adubação orgânica, com 2,98 mm.

Na interação culturas de inverno x fontes de adubação para produtividade de milho (Tabela 2), com adubação orgânica, o tratamento ervilhaca superou em cerca de 3.560 kg ha<sup>-1</sup> o tratamento aveia+nabo forrageiro. Analisando as fontes de adubação em culturas de inverno, houve efeito em três tratamentos: aveia+nabo forrageiro, ervilhaca e feijoeiro. A adubação química foi mais responsiva à produtividade de milho no tratamento aveia+nabo forrageiro, superando (aproximadamente 3.050 kg ha<sup>-1</sup>) a adubação orgânica. Nos tratamentos ervilhaca e feijoeiro, a adubação orgânica sobressaiu à química em aproximadamente 2.300 e 2.200 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os dados mostraram que o milho adubado com cama de aves teve menor rendimento de grãos, quando cultivado em sucessão à aveia+nabo forrageiro, que em sucessão à ervilhaca. Isso pode ser explicado pela maior relação C/N da fitomassa do consórcio aveia+nabo forrageiro em comparação à ervilhaca (AITA & GIACOMINI, 2003). Para as

fontes de adubação no sistema aveia+nabo forrageiro, notou-se menor rendimento de grãos, quando adubado organicamente, em relação à adubação química. Essa diferença de rendimento deve-se, possivelmente, ao fato que os adubos orgânicos possuem menor solubilidade em relação aos adubos químicos, pois dependem da mineralização da matéria orgânica, tornando os nutrientes disponíveis de maneira gradual (RAIJ et al., 1997; CASTOLDI et al., 2011).

### **Conclusão**

Pode-se concluir que todos os sistemas de sucessão mostraram-se viáveis agronomicamente para a produção de grãos de milho na Região do Arenito Caiuá, aliado ao adequado manejo nutricional da cultura, com destaque para a sucessão ervilhaca/milho, adubado com cama de aves, que proporcionou o maior rendimento de grãos para o milho.

### **Literatura Citada**

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 157-165, 2001.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.

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 sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 241-248, 2002.

AMARAL, A. J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da Região do Planalto Sul-catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2145-2155, 2008.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 323-334, 1999.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. 1. ed. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-145.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no Sul do**

**Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. 346 p.

CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, oitavo levantamento, maio/2012. Brasília: Conab, 2012. 36 p.

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R. Incidência de *Colletotrichum graminicola* em colmos de genótipos de milho. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 122-128, 2010.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: FEALQ/ ESALQ/USP, 1999. 360 p.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93 p.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cadeia produtiva do milho**. PINAZZA, L. A. (Ed.). Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. 108 p. (Série Agronegócios, v. 1)

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A.; CAVALERI, P. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138 p.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L.M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, 2002. p. 393-486.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).

TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in maize, a review. **Maydica**, Roma, v. 22, p. 49-75, 1977.

**Tabela 1.** Comprimento (CE) e diâmetro de espiga (DE); população de plantas (POP), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade (PROD) de milho safra verão em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	CE	DE	POP	M100G	PROD
	---- cm ----	---- mm ----	- plantas ha <sup>-1</sup> -	---- g ----	-- kg ha <sup>-1</sup> --
Aveia + nabo forrageiro	19,7 a	53,72 a	47.840 a	31,29 a	8.345 a
Aveia-preta	20,0 a	54,27 a	51.220 a	31,58 a	9.071 a
Chícharo	20,5 a	55,72 a	50.000 a	32,33 a	10.032 a
Ervilhaca	20,3 a	54,65 a	50.000 a	30,36 a	9.229 a
Feijoeiro	19,7 a	54,59 a	47.840 a	32,27 a	9.007 a
Nabo forrageiro	19,9 a	54,53 a	49.385 a	32,29 a	8.641 a
Pousio	20,2 a	55,09 a	45.370 a	31,13 a	9.419 a
Trigo	19,3 a	52,88 a	49.690 a	30,40 a	8.459 a
Teste F	1,24 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>
DMS (5%)	1,53	2,89	7.552	4,66	2.650
CV (%)	5,84	4,04	10,68	11,26	22,33
<b>Fontes de adubação (FA)</b>					
Orgânica	19,7 a	54,56 a	48.690 a	31,91 a	8.868 a
Química	20,2 a	54,29 a	49.150 a	31,00 a	9.182 a
Teste F	3,56 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
DMS (5%)	0,73	0,85	2.661	1,84	956
CV (%)	6,99	2,98	9,43	11,15	20,19
Teste F (CI x FA)	1,16 <sup>ns</sup>	2,83*	1,18 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	3,54**
CV (%)	5,74	3,17	13,27	6,38	18,33

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo Teste Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação (%); \*\*, \* e n.s. = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

**Tabela 2.** Desdobramento da interação significativa culturas de inverno x fontes de adubação referente ao diâmetro de espigas e produtividade de milho safra verão. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno	Diâmetro de espigas			Produtividade		
	Orgânica	Química	Teste F	Orgânica	Química	Teste F
	----- mm -----	----- mm -----		----- kg ha <sup>-1</sup> -----	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
Aveia+nabo forrageiro	52,35 b B	55,08 a A	7,62**	6.816 b B	9.874 a A	9,98**
Aveia-preta	54,88 ab A	53,65 a A	1,55 <sup>ns</sup>	8.813 ab A	9.330 a A	0,28 <sup>ns</sup>
Chícharo	55,70 ab A	55,73 a A	0,00 <sup>ns</sup>	9.854 ab A	10.210 a A	0,14 <sup>ns</sup>
Ervilhaca	55,25 ab A	54,05 a A	1,47 <sup>ns</sup>	10.378 a A	8.080 a B	5,64*
Feijoeiro	56,08 a A	53,10 a B	9,08**	10.111 ab A	7.902 a B	5,21*
Nabo forrageiro	54,35 ab A	54,70 a A	0,12 <sup>ns</sup>	7.925 ab A	9.357 a A	2,19 <sup>ns</sup>
Pousio	55,38 ab A	54,80 a A	0,35 <sup>ns</sup>	8.905 ab A	9.934 a A	1,13 <sup>ns</sup>
Trigo	52,52 ab A	53,23 a A	0,52 <sup>ns</sup>	8.145 ab A	8.773 a A	0,42 <sup>ns</sup>
Teste F	3,07**	1,35 <sup>ns</sup>		2,63*	1,30 <sup>ns</sup>	
DMS (5%)	3,57	3,57		3.330	3.330	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo Teste Tukey a 5%. \*\*, \* e n.s. = significativo 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente. DMS (diâmetro de espigas: fontes de adubação em cada cultura de inverno) = 2,00 mm; DMS (produtividade: fontes de adubação em cada cultura de inverno) = 1.958 kg ha<sup>-1</sup>.