

PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE MILHO EM FUNÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA E DOSES DE NITROGÊNIO

ANA REGINA DAHLEM ZIECH¹, PAULO CESAR CONCEIÇÃO¹,
CARLOS THEODORO HEBERLE¹, CIDIMAR CASSOL¹ e NILSON MARCOS BALIM¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR, Brasil - reginautfpr@yahoo.com.br;
paulocesar@utfpr.edu.br; carlosutfpr@outlook.com; cidiutfpr@hotmail.com; nilson.eng-ab@hotmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.2, p. 195-201, 2016

RESUMO – O nitrogênio é o elemento mais importante para a cultura do milho e uma forma de fornecê-lo ao sistema é mediante o uso de espécies antecessoras capazes de realizar fixação biológica ou reciclagem eficiente desse nutriente do solo. Objetivou-se avaliar os efeitos das plantas de cobertura e doses de nitrogênio mineral sobre os componentes de rendimento e produtividade de milho cultivado em sucessão. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com parcelas principais constituídas por plantas de cobertura de ciclo hibernal e subparcelas com doses de nitrogênio mineral (0 kg ha⁻¹ de N e 180 kg ha⁻¹ de N) no milho. Na ausência de N mineral, as leguminosas apresentaram os melhores resultados para os componentes de rendimento. A adição de 180 kg ha⁻¹ de N proporcionou incremento de 12,4% no peso de 1.000 grãos. Leguminosas e o nabo forrageiro, na ausência de N mineral, promovem produtividade superior a 6,7 Mg ha⁻¹, similar aos consórcios. A adubação nitrogenada promove incremento na produtividade, independente das plantas de cobertura.

Palavras-chave: plantio direto, *Zea mays* L., adubação nitrogenada.

EFFECT OF COVER CROPS AND NITROGEN DOSES ON PRODUCTIVITY AND YIELD COMPONENTS OF MAIZE

ABSTRACT - Nitrogen is the most important element for the corn crop, and a way to provide it to the system is through the use of predecessors species, capable of performing biological fixation or efficient recycling of nutrients from the soil. This study aimed to evaluate the effects of winter-cycle cover crops and doses of mineral nitrogen on yield components and productivity of maize cultivated in succession. The experimental design was a randomized complete blocks in a split plot with main plots constituted by cover crops and subplots with doses of mineral nitrogen (0 and 180 kg N ha⁻¹). In the absence of mineral N, leguminous showed the best results for yield components. The addition of 180 kg N ha⁻¹ increased 12.4% the weight of thousand grains. Leguminous plants and forage turnip, presented productivity higher than 6.7 Mg ha⁻¹ in the absence of mineral N, similar to the intercropping. Nitrogen fertilization promoted increase in productivity regardless the cover crop.

Key words: No tillage, *Zea mays* L., nitrogen fertilization.

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo e o Brasil é o terceiro maior produtor (Conab, 2015). Na safra 2013/2014, a produção nacional foi de 80 milhões de toneladas, cultivados em 15,8 milhões de hectares. O estado do Paraná é o segundo maior produtor nacional, responsável por 20% do total produzido (Conab, 2015).

O nitrogênio (N) é o elemento mais importante e limitante à produção do milho (Liu & Wiatrak, 2011), que requer quantidades de N superiores a 150 kg ha⁻¹ (Amado et al., 2002) para a otimização da produtividade da cultura. A principal forma de fornecimento é via adubação com ureia em cobertura, em superfície e sem incorporação, o que, devido à elevada susceptibilidade a perdas por volatilização de amônia (NH₃) (Frazão et al., 2014), pode representar perdas econômicas e danos ambientais.

Com a adoção do sistema plantio direto, uma forma de atender às necessidades de N do milho é

pela utilização de plantas de cobertura, capazes de fixar N atmosférico (N₂) ou reciclar esse nutriente, uma vez que o N mantido na forma orgânica é menos sujeito a perdas por lixiviação ou volatilização, ficando disponível de acordo com a mineralização dos resíduos vegetais (Lázaro et al., 2013).

O estudo conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos (25° 41' S, 53° 05' O e 526 m de altitude) objetivou avaliar os efeitos das plantas de cobertura e doses de N mineral sobre os componentes de rendimento e a produtividade de milho. O solo é Latossolo Vermelho, com textura argilosa (773 g kg⁻¹ de argila, 224 g kg⁻¹ de silte e 3 g kg⁻¹ de areia) e o clima é Cfa (subtropical úmido). A precipitação acumulada e a variação de temperaturas durante o período experimental foram obtidas junto à estação meteorológica do Inmet instalada no campus (Figura 1).

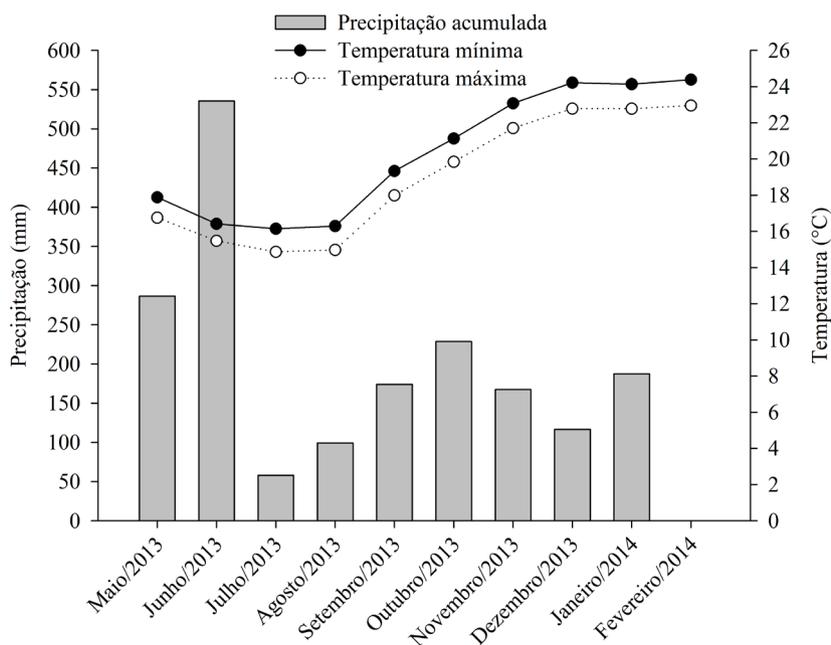


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal acumulada (mm) e temperaturas (°C) mínima e máxima ocorridas durante o período avaliado. Dois Vizinhos, PR, safra 2013/2014.

A área experimental, conduzida em sistema de plantio direto desde 2010, possui na camada de 0-20 cm pH (CaCl₂) = 5,3; índice SMP = 6,4; MO = 40,8 g kg⁻¹; P (Mehlich-1) = 4,3 mg dm⁻³; K = 0,2 cmol_c dm⁻³; Ca = 6,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,8 cmol_c dm⁻³; H+Al = 3,8 cmol_c dm⁻³; SB (soma de bases) = 9,0 cmol_c dm⁻³; CTC = 12,8 cmol_c dm⁻³ e V (saturação por bases) = 70%.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com parcelas principais (5 m x 10m) compostas por plantas de cobertura de inverno e subparcelas (5 m x 5m) com doses de N mineral (0 kg ha⁻¹ e 180 kg ha⁻¹) em cobertura na cultura do milho, com três repetições. As plantas de cobertura aveia preta, azevém, centeio IPR 89, tremoço branco, ervilhaca comum, nabo forrageiro e consórcios entre aveia + ervilhaca (A + E) e aveia + ervilhaca + nabo (A + E + N) foram semeadas em 03/05/2013 de forma mecanizada, com espaçamento de 0,17 m entrelinhas. O manejo foi realizado aos 118 dias após a semeadura com uso de herbicida glifosate (2,0 p.c. L ha⁻¹). A semeadura do híbrido simples Pioneer P32R48 foi realizada em 06/09/2013, com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e 85.000 plantas ha⁻¹, com adubação de base NPK 0:18:18 (275 kg ha⁻¹). Realizou-se o manejo das plantas daninhas pela aplicação de Nicosulfuron (1,5 p.c. L ha⁻¹) e controle de lagartas do cartucho (*Spodoptera fugiperda*) com uso do inseticida Belt (0,15 p.c. L ha⁻¹).

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada manualmente, em dose única, aos 41 dias após a semeadura do milho, tendo como fonte a ureia. A colheita do milho em 07/02/2014 foi em área de 4,5 m². Foram avaliados os componentes de produção em 10 espigas, ao acaso, em cada subparcela. As variáveis avaliadas foram: diâmetro de espiga (no terço médio da espiga); comprimento de espiga (sem palha); número de fileiras de grãos por espiga; número de grãos

por fileira; número total de grãos por espiga; peso de 1.000 grãos; e produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. O elemento gráfico foi elaborado através do SigmaPlot 11.0.

Houve interação significativa ($p \leq 0,05$) entre os efeitos das plantas de cobertura hibernais e doses de N mineral para os componentes de produção de milho (Tabela 1). Na ausência de N mineral, as maiores médias para o diâmetro de espigas ocorreram sobre as leguminosas, o nabo forrageiro e os consórcios, não diferindo entre si. O mesmo foi verificado para o comprimento de espigas, com médias entre 12,9 cm (A + E) e 15,0 cm (leguminosas).

A aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N mineral na cultura do milho em sucessão às leguminosas não alterou o diâmetro e o comprimento de espigas de milho. Isso porque, ao fazerem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂ e possuírem relação C / N baixa, algumas leguminosas apresentam potencial de disponibilização de N em quantidade suficiente e no momento de maior demanda pela cultura subsequente (Aita et al., 2001; Strieder et al., 2006). O número de fileiras de grãos por espiga também não teve incrementos em função da dose de N mineral, em sucessão às leguminosas, ao nabo forrageiro e ao consórcio A + E + N, com média de 14 fileiras de grãos por espiga. Quando cultivado sobre gramíneas, sem adição de N, houve uma redução de 30% no número de fileiras de grãos, com apenas 9,6 fileiras para espigas de milho cultivado sobre azevém (Tabela 1).

O número de grãos de milho por fileira, na ausência de N mineral, foi influenciado pelas plantas de cobertura, onde, em sucessão às leguminosas, houve as maiores médias, não diferindo do nabo forrageiro e dos consórcios (Tabela 1). Embora Lázaro et al. (2013) não tenham verificado diferenças significati-

Tabela 1. Desdobramento das interações entre plantas de cobertura e doses de nitrogênio mineral (0 e 180 kg ha⁻¹) para os componentes de rendimento e produtividade de grãos de milho. Dois Vizinhos, PR, safra 2013/2014.

Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	PLANTAS DE COBERTURA							
	Aveia preta	Azevém	Centeio IPR 89	Ervilhaca comum	Tremoço branco	Nabo forrageiro	A + E + N	A + E
0	37,2 bBC*	35,2 bC	36,9 bBC	43,6aA	42,8 aA	41,6 bA	42,8 bA	40,4 bAB
180	45,9 aA	44,4 aA	45,3 aA	45,2aA	45,3 aA	44,5 aA	46,2 aA	45,7 aA
	Diâmetro de Espiga (mm)							
0	11,0 bCD	10,5 bD	11,3 bBCD	15,0aA	14,9 aA	13,9 bA	13,6 bAB	12,9 bABC
180	16,3 aA	16,2 aA	15,8 aA	15,2aA	16,0 aA	16,1 aA	16,1 aA	15,9 aA
	Comprimento de Espiga (cm)							
0	10,6 bCD	9,6 bD	11,6 bBC	14,0aA	14,0 aA	13,6 aA	13,6 aA	12,7 bAB
180	14,7 aA	14,3 aA	14,3 aA	14,2aA	14,0 aA	13,6 aA	14,5 aA	14,1 aA
	Número de Fileiras por Espiga							
0	16,7 bCD	15,8 bD	17,7 bBCD	24,9aA	24,5 bA	22,7 bAB	21,8 bABC	20,1 bABCD
180	28,9 aA	28,7 aA	28,8 aA	27,2aA	28,3 aA	28,7 aA	28,9 aA	28,2 aA
	Número Total de Grãos por Espiga							
0	178 bCD	153 bD	206 bCD	349 aA	344 aA	309 bAB	298 bAB	256 bBC
180	426 aA	412 aA	413 aA	387 aA	396 aA	390 aA	419 aA	397 aA
	Peso de Mil Grãos (g)							
0	305,0 bA	302,1 bA	319,1 bA	340,6 bA	325,2 bA	324,6 bA	321,8 bA	321,9 bA
180	356,6 aA	353,2 aA	369,4 aA	362,0 aA	366,1 aA	358,9 aA	353,7 aA	358,4 aA
	Produtividade de Grãos (Mg ha ⁻¹)							
0	2,48 bC	1,96 bC	2,75 bBC	6,98 bA	7,72 bA	6,72 bA	5,92 bAB	4,49 bABC
180	10,58 aA	9,21 aA	9,88 aA	9,67 aA	10,60 aA	9,66 aA	11,08 aA	11,18 aA

* Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada variável, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$). A + E + N: Aveia + Ervilhaca + Nabo; A + E: Aveia + Ervilhaca.

vas para esta variável, o uso de 180 kg ha⁻¹ de N no milho cultivado sobre resíduos de ervilhaca comum não promoveu incremento no número de grãos por fileira, com média de 26 grãos.

Leguminosas, nabo forrageiro e consórcio A + E + N como plantas de cobertura hibernais antecedendo o milho promoveram, na ausência de N mineral, os maiores totais de grãos por espiga, diferindo-se das gramíneas (Tabela 1). No caso da aveia e do azevém, houve uma redução respectiva de 50% e de 56% do número total de grãos obtidos em relação à ervilhaca comum. O total de grãos por espiga, sob fornecimento de 180 kg ha⁻¹ de N, não diferiu em função das plantas de cobertura utilizadas, com média de 405 grãos por espiga.

Na ausência de N mineral (0 kg ha⁻¹), as gramíneas afetaram de forma negativa todas as variáveis em relação aos sistemas com leguminosas (Tabela 1). Este fato pode ser atribuído à elevada relação C/N dos tecidos das gramíneas, que, para serem utilizados como fonte de energia pelos microrganismos do solo, promovem imobilização temporária de parte do N orgânico presente nos próprios resíduos vegetais, bem como o N mineral presente no solo, reduzindo, assim, a disponibilidade deste elemento à cultura do milho (Aita et al., 2001). Quando a cultura antecessora ao milho foi uma leguminosa, não houve efeito significativo do uso de N mineral para a maioria dos componentes de rendimento. Assim, com a ervilhaca comum ou o tremoço branco, a adubação nitrogenada pode ser reduzida ou até mesmo suprimida no sistema leguminosas / milho.

O peso de 1.000 grãos de milho não foi alterado pelas plantas de cobertura, com média de 339,9 gramas. Entretanto, Lourente et al. (2007) e Ohland et al. (2005) constataram influência das culturas antecessoras sobre o peso de 1.000 grãos. A adição de

180 kg ha⁻¹ de N mineral proporcionou incremento de 12,4% no peso de 1.000 grãos de milho em relação à ausência de adubação nitrogenada (0 kg ha⁻¹) (Tabela 1). Em resposta à adição de doses de nitrogênio, Ohland et al. (2005) obtiveram aumentos de 8,1% e 9,3% no peso de 1.000 grãos mediante aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N e de 200 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, em comparação à dose zero (327,2 g).

Na ausência de N mineral, os maiores rendimentos de grãos de milho foram obtidos em sucessão ao tremoço branco, à ervilhaca comum e ao nabo forrageiro, atingindo produtividades próximas à média para a cultura no estado do Paraná, que, na safra 2013/14, foi de 8,1 Mg ha⁻¹ (Conab, 2015). Contudo, não diferem dos consórcios. Produtividade de grãos próxima a 7,0 Mg ha⁻¹ foi obtida sobre resíduos de ervilhaca comum (Tabela 1), enfatizando, assim, o potencial de uso das espécies de inverno como fontes de N de baixo custo aos cultivos comerciais de verão.

A dose de 180 kg ha⁻¹ de N mineral em cobertura no milho promoveu incrementos no rendimento de grãos, independente das plantas de cobertura de inverno utilizadas, variando entre 9,2 Mg ha⁻¹ e 11,2 Mg ha⁻¹ (Tabela 1). Dessa forma, para sistemas que visam a altas produtividades, o uso de N químico deve ser previsto mesmo quando cultivado sobre leguminosas (Amado et al., 2002). O incremento médio de produtividade pelo uso de N mineral foi variável em função do tipo de planta de cobertura utilizada, sendo de 4,1 vezes para as gramíneas e de apenas 1,4 vez para as leguminosas / brássica.

As menores produtividades de grãos de milho, na ausência de N mineral, foram observadas no cultivo em sucessão ao azevém, à aveia preta e ao centeio IPR 89, com rendimentos entre 1,96 Mg ha⁻¹ e 2,75 Mg ha⁻¹ (Tabela 1). Silva et al. (2006), Lourente et al. (2007) e Lázaro et al. (2013) também verificaram,

entre as culturas antecessoras do milho, a aveia preta como uma das espécies que promovem os menores rendimentos de grãos. Isso é justificado pelo fato de a elevada relação C / N estar diretamente associada com o incremento no compartimento recalcitrante e inversamente com o compartimento lábil, influenciando no processo de decomposição (Acosta et al., 2014).

Conclusões

Quando utilizada ervilhaca comum antecedendo o cultivo de milho, não há efeito da dose de N mineral para a maioria dos componentes de rendimento.

Leguminosas e brássicas como plantas de cobertura de inverno contribuem para maior produtividade de grãos de milho na ausência de N complementar.

A adubação nitrogenada, independente da planta de cobertura do solo, promove incrementos na produtividade de milho.

Agradecimentos

Às bolsas concedidas aos autores pela Capes, pelo CNPq e pela UTFPR. Aos recursos de apoio à pesquisa concedidos pelo CNPq (Processo nº 486149/2013-7) e pela Capes (Processo AUXPE CAPES PNPD 2729/2011).

Referências

- ACOSTA, J. A. de A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S. da.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 801-809, 2014.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001. DOI: 10.1590/S0100-06832001000100017.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptado ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002. DOI: 10.1590/S0100-06832002000100025.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2015**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_08_57_48_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2016.
- FRAZÃO, J. J.; SILVA, A. R. da.; SILVA, V. L. da; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1262-1267, 2014. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1262-1267.
- LÁZARO, R. de L.; COSTA, A. C. T. da; SILVA, K. de F. da; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, p. 10-17, 2013. DOI: 10.1590/S1983-40632013000100008.
- LIU, K.; WIATRAK, P. Corn (*Zea mays* L.) plant characteristics and grain yield response to N fertilization programs in no-tillage system. **American Journal of Agricultural and Biological Science**. v. 6, n. 1, p. 172-179, 2011. DOI: 10.3844/ajabssp.2011.172.179.
- LOURENTE, E. R. P.; ONTOCELLI, R.; SOUZA, L. C. F. de.; GONÇALVES, M. C.; MARCHETTI, M. E.; RODRIGUES, E. T. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 55-61, 2007. DOI: 10.4025/actasciagron.v29i1.66.
- OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F. de; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência Agrotécnica**. La-

vras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

DOI: 10.1590/S1413-70542005000300005.

SILVA, D. A. da; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006.

DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v5n1p75-88.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F. da; 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**, Viçosa, v. 30, p. 879-890, 2006.

DOI: 10.1590/S0100-06832006000500014.