

Desempenho agronômico e econômico do milho irrigado em sucessão a espécies invernais de cobertura de solo e/ou para produção de grãos

Agronomic and economic performance of maize irrigated in succession to winter cover crops and/or to species for grain production

Adriano Alves da Silva¹ Paulo Regis Ferreira da Silva¹ Tarcísio Minetto^{II} Mércio Luiz Strieder¹
Douglas Batista Jandrey¹ Paulo César Endrigo¹

RESUMO

As espécies de cobertura de solo no inverno melhoram as características de solo, podendo apresentar também vantagens econômicas. Assim, é importante introduzir espécies de inverno que, além de palha, possam produzir grãos para aumentar a rentabilidade e a sustentabilidade da atividade agrícola. O objetivo desta pesquisa foi avaliar, em três estações de crescimento, os desempenhos agronômico e econômico do milho irrigado em sucessão a espécies invernais para cobertura de solo e/ou para produção de grãos, cultivado sob dois níveis de nitrogênio (N) em cobertura. A pesquisa foi conduzida nas estações de crescimento 2003/04, 2004/05 e 2005/06, no município de Eldorado do Sul, RS. Nos três anos, os tratamentos constaram do cultivo do milho irrigado em sucessão a cinco espécies de inverno e ao pousio, como testemunha. O custo de produção do milho em sucessão à ervilhaca comum é menor do que o da aveia preta e do nabo forrageiro. Das espécies invernais de cobertura de solo e de produção de grãos, a margem bruta obtida com o trigo é maior que a com a aveia branca. As vantagens econômicas do uso do nabo forrageiro e da ervilhaca comum como culturas antecessoras ao milho irrigado em relação às espécies poáceas apenas ocorrem sob baixos níveis de N aplicados em cobertura no milho.

Palavras-chave: *Zea mays*, culturas antecessoras, rendimento de grãos, dispêndio e margem bruta.

ABSTRACT

The growing of winter crop species results in benefits on soil characteristics, and can present economic advantages. Thus, it is important to introduce winter species that, besides straw, produce grains to increase the performance and the sustainability of agricultural activity. The objective of this research was to evaluate, in three growing seasons, the agronomic and economic performance of maize crop grown in succession to five winter cover crops and/or for grain

production, cultivated under two rates of side dressing N fertilization. The experiment was carried out in the growing seasons of 2003/04, 2004/05 and 2005/06, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. In the three years, the treatments consisted of irrigated maize crop grown in succession to five winter cover crops species and to a control without cover crop. The maize cost production in succession to common vetch is lower than in succession to black oat and to wild radish. Comparing the winter cover crops for grain production, the gross income was higher when wheat was grown in relation to oat. The economic advantages of the use of wild radish and common vetch as previous crops to irrigated maize in relation to the poaceae species are only evident under conditions of low N availability in the soil.

Key words: *Zea mays*, previous crops, grain yield, cost production and gross income.

INTRODUÇÃO

Mais de 80% dos produtores de grãos do Estado do Rio Grande do Sul adotam o sistema de semeadura direta (EMBRAPA, 2005), em que não há revolvimento do solo para preparo da área para semeadura. Um correto sistema de rotação de culturas, que inclui espécies de mais de uma família, é importante para o sucesso dessa prática. As principais vantagens e limitações de uso e as estratégias de manejo da aveia preta (*Avena strigosa*), da ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) como culturas antecessoras ao milho foram recentemente revisadas por SILVA et al. (2006).

¹Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: paulo.silva@ufrgs.br. *Autor para correspondência.

^{II}Fundação das Cooperativas do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

A aveia preta é a espécie mais cultivada como cobertura de solo no inverno no Sul do Brasil, antecedendo aos cultivos de milho e de soja, em sistema de semeadura direta. No entanto, quando o milho é cultivado em sucessão à aveia preta, geralmente ocorre redução na absorção de N e no rendimento de grãos, devido à elevada relação carbono:nitrogênio (C/N) dos resíduos da aveia. Isto se deve ao processo de imobilização em função da maior oferta de carbono ao sistema, o que acaba aumentando a atividade microbiana (SÁ, 1996).

As espécies leguminosas de inverno, como a ervilhaca, possuem a capacidade de fixar N atmosférico através da simbiose com bactérias específicas. Isto eleva a disponibilidade desse nutriente no solo, beneficiando a cultura do milho em sucessão. No entanto, devido à baixa relação C/N de seus resíduos, a velocidade de liberação de N é muito rápida em relação à de espécies poáceas (aveia branca, aveia preta e trigo). Estima-se que cerca de 60% do N da matéria seca da ervilhaca seja liberado nos primeiros 30 dias após seu manejo, enquanto que, na aveia, esses valores não passam de 40% (AMADO, 1999; AITA & GIACOMINI, 2003).

Outras opções para cobertura de solo são as espécies da família das brassicáceas, especialmente o nabo forrageiro. Essas espécies não possuem a capacidade de fixar N, mas, devido às características de seu sistema radical, apresentam alta capacidade de reciclar este nutriente de camadas mais profundas do solo. No entanto, assim como ocorre com as leguminosas, uma das grandes limitações do uso do nabo forrageiro é a baixa relação C/N de seus resíduos, o que determina rápida taxa de decomposição (SILVA et al., 2006). Além disso, se mal manejado, ele pode se transformar em planta daninha importante para os cultivos subsequentes.

No entanto, além dos aspectos técnicos do uso de coberturas de solos no inverno, é importante que se determine também o retorno econômico de seu uso nos sistemas de produção agrícola. O uso de culturas com objetivo único de cobertura de solo é um investimento cujo retorno econômico ocorre apenas no cultivo de verão subsequente, especialmente no caso do milho ou da soja. Assim, pode ser importante a introdução de espécies de inverno que, além de palha, produzam grãos, aumentando a rentabilidade e a sustentabilidade da atividade agrícola. Entre essas espécies, as mais usadas no Sul do Brasil são o trigo (*Triticum aestivum*) e a aveia branca (*Avena sativa*).

A compatibilização de fatores técnicos e econômicos dos sistemas de sucessão corretos influencia a escolha e a viabilidade do sistema mais

adequado para cada situação. Nesse sentido, três estudos avaliaram o retorno econômico da cultura do milho nas condições da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. Num desses trabalhos, foram comparados cinco sistemas de manejo do milho em dois ambientes contrastantes (SANGOI et al., 2003). No outro estudo, avaliaram-se cultivares de milho com diferentes variabilidades genéticas em sistemas de produção contrastantes quanto ao investimento em manejo (SANGOI et al., 2006). No terceiro trabalho avaliou-se o desempenho econômico de milho em cinco níveis de manejo e em três épocas de semeadura (FORSTHOFER et al., 2006). No entanto, nesses trabalhos, sempre se utilizou uma cobertura de solo de inverno para produção exclusivamente de palha.

A introdução de espécies de inverno que, além da produção de palha, possam produzir grãos pode constituir-se em uma estratégia eficiente para aumentar a rentabilidade do sistema. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento de grãos e a margem bruta obtida com o milho em sucessão a espécies inverniais para cobertura de solo e/ou para produção de grãos, usando diferentes níveis de nitrogênio em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida nas estações de crescimento 2003/04, 2004/05 e 2005/06, na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul, região ecoclimática da Depressão Central (30°05'S, 51°40'W e 46 m de altitude média) (BERGAMASCHI, 2003). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o tipo Cfa subtropical úmido, predominante na Região Sul do Brasil. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999). Os atributos físico-químicos do solo, na média dos três anos, foram: argila: 35%; pH: 5,4; Índice SMP: 6,1; P: 7,4mg dm⁻³; K: 159mg dm⁻³ e MO: 2,2%.

Nos três anos, os tratamentos constaram do cultivo do milho irrigado em sucessão a cinco espécies de inverno e ao pousio, como testemunha. No cultivos de inverno, adotou-se "aveia preta" (uma cultivar comum em 2003/04 e 2004/05 e a "IAPAR 61" em 2005/06), ervilhaca comum e nabo forrageiro para cobertura de solo e, a aveia branca ("UFRGS 21") e o trigo ("BRS Angico") para cobertura de solo e produção de grãos. No primeiro ano, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. As doses e as épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura no milho variaram conforme o sistema de cobertura de solo no inverno (Tabela 1). No segundo e

Tabela 1 - Dispendio, rendimento de grãos, receita bruta e margem bruta das espécies invernais e do milho cultivado em sucessão, individualmente e nos sistemas de sucessão, nas estações de crescimento de 2003/04 e 2004/05, em função de níveis variados de nitrogênio em cobertura.

Sistemas de cobertura de solo e/ou produção de grãos	Dispendio (R\$ ha ⁻¹)		-----Rendimento (t ha ⁻¹)-----			Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)		-----Margem bruta (R\$)-----		
	Espécie de inverno	Milho	Espécie de inverno		Milho	Espécie de inverno	Milho	Espécie de inverno	Milho	Total
			Grãos	Matéria seca	Grãos					
2003/04 – Com dose variável de N no milho conforme cobertura antecessora ^a										
Cobertura de solo e produção de grãos										
Aveia branca	616	1548	2,4	5,2	11,9 ^{ns}	679	3590	63	2042	2105
Trigo	635	1548	3,2	6,6	12,5	1200	3770	565	2222	2787
Cobertura de solo										
Aveia preta	291	1548	- ^b	6,6	12,1	-	3650	-291	2102	1811
Ervilhaca comum	144	1324	-	5,7	13,4	-	4040	-144	2716	2572
Nabo forrageiro	256	1452	-	5,4	12,2	-	3680	-256	2228	1972
Pousio (test.)	82	1248	-	-	12,5	-	3770	-82	2522	2440
Média					12,4					
Estação de crescimento 2004/05 – com aplicação de 100 kg ha ⁻¹ de N no milho em sucessão										
Cobertura de solo e produção de grãos										
Aveia branca	550	1401	2,3	3,1	11,3 ^{ns}	632	3370	82	1969	2051
Trigo	540	1401	2,6	3,3	11,4	810	3400	271	1999	2270
Cobertura de solo										
Aveia preta	312	1401	-	3,6	10,6	-	3160	-312	1759	1447
Ervilhaca comum	171	1401	-	2,1	9,8	-	2920	-171	1519	1348
Nabo forrageiro	309	1401	-	5,1	9,7	-	2890	-309	1489	1180
Pousio (test.)	86	1401	-	-	10,3	-	3070	-86	16669	1583
Média					10,5					
Estação de crescimento 2004/05 - 180 kg ha ⁻¹ de N no milho em sucessão										
Cobertura de solo e produção de grãos										
Aveia branca	550	1681	2,3	3,1	9,9 ^{ns}	632	2950	82	1269	1351
Trigo	540	1681	2,6	3,3	10,0	811	3980	271	1299	1570
Cobertura de solo										
Aveia preta	312	1681	-	3,6	10,7	-	3190	-312	1509	1197
Ervilhaca comum	171	1681	-	2,1	9,8	-	2920	-171	1239	1068
Nabo forrageiro	309	1681	-	5,1	8,4	-	2510	-309	829	520
Pousio (test.)	86	1681	-	-	11,1	-	3310	-86	1629	1543
Média					10,0					

^a Em sucessão a trigo, aveia branca e aveia preta, foram aplicados 195kg ha⁻¹ de N. Em sucessão ao pousio invernal, ao nabo forrageiro e à ervilhaca comum, aplicaram-se, respectivamente, 185kg ha⁻¹, 165kg ha⁻¹ e 125kg ha⁻¹ de N.

^b Não avaliado, pois essas espécies destinaram-se especificamente para produção de palha.

^{ns} Não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

terceiro anos, utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro e três repetições, respectivamente. No segundo ano, aplicaram-se dois níveis de N em cobertura no milho (100 e 180kg ha⁻¹) e, no terceiro ano, três níveis de N em cobertura (0, 100 e 180kg ha⁻¹). Nos três anos, a fonte de N usada em cobertura foi o nitrato de amônio (32% de N). Nas doses de 100 e 180kg ha⁻¹ de N, a aplicação deste nutriente foi parcelada, sendo aplicada

nos estádios V3 (40kg ha⁻¹ de N) e V9 (60kg ha⁻¹) para a menor dose e em V3 (40kg ha⁻¹ de N), V9 (70kg ha⁻¹ de N) e emborrachamento (70kg ha⁻¹ de N) na dose mais elevada.

As espécies de inverno foram semeadas com espaçamento entrelinhas de 17,5cm nos três anos. A adubação de base foi aplicada na linha na ocasião da semeadura. A aplicação de N em cobertura foi realizada no início do perfilhamento nas espécies da família das

poáceas e no início da ramificação do nabo forrageiro. A colheita de grãos de trigo e aveia branca foi realizada nos dias 23 de outubro de 2003, 24 de outubro de 2004 e 25 de outubro de 2005. As demais práticas de manejo adotadas estão relacionadas na tabela 2.

Os híbridos de milho usados foram o DKB 215, no primeiro ano, da empresa Monsanto, e o AS 1560, da empresa Agroeste Sementes, no segundo e terceiro anos. A semeadura, em sistema de semeadura direta, foi realizada em 27 de outubro de 2003, 28 de outubro de 2004 e 27 de outubro de 2005. A densidade foi de 7,0 plantas m⁻² no primeiro ano e de 7,5 plantas m⁻² no segundo e terceiro anos. Nos três anos, foi adotado o espaçamento entrelinhas de 0,7m. As doses de N, P₂O₅ e K₂O aplicados na semeadura foram de 25-100-100, 25-115-115 e 30-120-120kg ha⁻¹, respectivamente nas estações de crescimento 2003/04, 2004/05 e 2005/06.

Plantas daninhas e pragas foram controladas sempre que necessário, de modo a não interferirem no desenvolvimento das espécies inverniais e do milho. A quantidade de água disponível no solo foi mantida próxima à capacidade de campo mediante suplementação hídrica, através de irrigação por aspersão, com vazão de 10mm h⁻¹, sempre que o potencial de água no solo era inferior a -0,04Mpa.

A análise econômica foi baseada na metodologia usada pela FECOAGRO/RS para determinação do custo de produção das culturas (MINETTO, 2005). Utilizou-se o termo margem bruta, que é a diferença entre a receita bruta e o dispêndio efetuado, para avaliar o retorno econômico dos sistemas de sucessão de espécies de inverno e do milho. No cálculo dos dispêndios, não foram consideradas as remunerações à terra, às construções e às instalações nem os juros sobre o capital (desembolso). Os valores médios dos dispêndios com insumos e o das receitas com a venda da produção foram obtidos através de levantamentos feitos junto aos departamentos técnicos de cooperativas. Os preços de máquinas e implementos foram coletados junto aos fabricantes e pontos de venda pré-determinados no Estado do Rio Grande do Sul. Os valores para cálculo da receita bruta do milho basearam-se nos preços médios pagos ao produtor nos meses de junho de 2004, 2005 e 2006, sendo, respectivamente, de R\$18,08, R\$17,90 e R\$12,93 por saco de 60kg de grãos. Para aveia branca, os preços médios com base no mês de outubro foram de R\$17,00 em 2003, R\$16,50 em 2004 e R\$14,50 em 2005 e, para trigo, foram considerados os preços médios de R\$22,48 em 2003, de R\$18,70 em 2004 e de R\$18,15 em 2005, também com base no mês de outubro.

Tabela 2 - Manejo das espécies inverniais nas três estações de crescimento. Eldorado do Sul, RS.

Práticas de manejo	-----Espécies de inverno-----				
	Para cobertura de solo e produção de grãos		Para cobertura de solo		
	Aveia branca	Trigo	Aveia preta	Ervilhaca	Nabo forrageiro
	Estação de crescimento 2003/04				
Data de semeadura	26/05/2003				
NPK semeadura (kg ha ⁻¹)	20-120-60	20-120-60	0-0-0	0-0-0	0-0-0
N em cobertura (kg ha ⁻¹)	60	60	40	0	40
Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)	100	100	100	90	13
Data da dessecação	23/10/03	23/10/03	12/09/03	23/10/03	12/09/03
Data da rolagem	25/10/03				
	Estação de crescimento 2004/05				
Data de semeadura	02/06/04				
NPK semeadura (kg ha ⁻¹)	15-90-45	15-90-45	0-0-0	0-0-0	0-0-0
N em cobertura (kg ha ⁻¹)	60	60	40	0	70
Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)	110	110	110	88	14
Data da dessecação	24/10/04	24/10/04	16/09/04	24/10/04	16/09/04
Data da rolagem	27/10/04				
	Estação de crescimento 2005/06				
Data de semeadura	31/05/05				
NPK semeadura (kg ha ⁻¹)	10-40-40	10-40-40	10-40-40	10-40-40	10-40-40
N em cobertura (kg ha ⁻¹)	60	60	60	0	70
Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)	100	100	80	90	14
Data da dessecação	25/10/05	25/10/05	20/10/05	25/10/05	08/09/05
Data da rolagem	27/10/05				

Para cálculo do dispêndio das espécies invernais foram considerados os seguintes insumos: sementes, adubo de semeadura, adubo nitrogenado em cobertura e dessecante, além dos custos com as operações de semeadura, aplicação de insumos, colheita de grãos de trigo e aveia branca e rolagem antes da semeadura do milho. Para esses itens, as principais variáveis das coberturas invernais de solo foram a quantidade e o preço das sementes, a dessecação, apenas realizada na aveia preta e no nabo forrageiro com o objetivo de se evitar a formação de sementes, e a aplicação de N em cobertura, cujas doses foram maiores nas espécies da família das poáceas, menor no nabo forrageiro e sem aplicação de N na ervilhaca comum. Por outro lado, para cálculo do dispêndio com o cultivo do milho em sucessão, foram considerados os seguintes insumos: sementes, inseticidas para tratamento de sementes, dessecante, adubo de semeadura, N em cobertura, herbicida e inseticida, além dos custos com as operações de aplicação desses insumos, irrigação e colheita.

As determinações realizadas nas espécies de inverno foram rendimento de matéria seca da parte aérea e, na aveia branca e no trigo, o rendimento de grãos, a 13% de umidade. No milho em sucessão, avaliou-se o rendimento de grãos, a 13% de umidade. Calculou-se o dispêndio, a receita bruta e a margem bruta para cada espécie de inverno e para o milho em sucessão e a margem bruta total obtida nos seis sistemas de sucessão de culturas.

Os dados de rendimento de grãos de milho foram submetidos à análise de variância pelo F-teste. Quando houve significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste Duncan, nos dois primeiros anos, e pelo teste DMS, no terceiro ano. Em todas essas análises, adotou-se o nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano, as cinco espécies invernais produziram alto rendimento de matéria seca, enquanto que, no segundo ano, o rendimento obtido foi menor, exceto no nabo forrageiro (Tabela 1). No terceiro ano, a aveia preta destacou-se como a cobertura que mais produziu palha, devido à adoção de uma nova cultivar, a "IAPAR 61", com maior potencial para produção de palha em relação à cultivar comum, que foi utilizada nos dois anos anteriores. Outro benefício do uso da cultivar "IAPAR 61" é a maior duração do período emergência-florescimento, que ocorreu no início de outubro, em relação ao da cultivar comum, que ocorreu em meados de agosto. O menor rendimento de matéria

seca no segundo ano relaciona-se, principalmente, à ocorrência de maior deficiência hídrica em estádios críticos de desenvolvimento das espécies e à menor ocorrência de dias frios.

Os rendimentos de grãos de aveia branca e trigo foram considerados médios no primeiro e segundo anos e baixo no terceiro ano. Na média dos três anos, os rendimentos de aveia branca e de trigo foram de 2,1 e 2,6t ha⁻¹, respectivamente, pouco superiores aos rendimentos médios dessas culturas obtidos no Rio Grande do Sul, que, na média dos anos de 2001 a 2005 (IBGE, 2005), foram de 1,8 e 1,7t ha⁻¹, respectivamente.

Os rendimentos médios de grãos de milho irrigado em sucessão aos seis sistemas de cobertura de solo no inverno foram elevados, sendo de 12,4t ha⁻¹ no primeiro ano e de 10,5t ha⁻¹ e 10,0t ha⁻¹ no segundo ano, respectivamente com aplicação de 100 e 180kg ha⁻¹ de N em cobertura. No terceiro ano, os rendimentos médios obtidos foram de 7,8, 12,0 e 12,6t ha⁻¹ de grãos, respectivamente sem aplicação de N em cobertura e com 100 e 180kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Nas três estações de crescimento, os rendimentos de grãos de milho irrigado obtidos com a aplicação das doses de 100 e 180kg ha⁻¹ de N em cobertura em sucessão aos seis sistemas de cobertura de solo no inverno foram similares, sendo cerca de quatro vezes superiores à média (2,9t ha⁻¹) verificada no Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2005 (IBGE, 2005) (Tabelas 1 e 3). Apenas no terceiro ano, nos tratamentos sem aplicação de N em cobertura, houve diferença no rendimento de grãos de milho em sucessão aos sistemas de cobertura de solo no inverno (Tabela 3). O rendimento de grãos de milho foi menor quando cultivado em sucessão às três espécies poáceas (aveia branca, trigo e aveia preta) em relação ao obtido em sucessão ao nabo forrageiro (brassicácea), à ervilhaca comum (leguminosa) e ao tratamento pousio.

No terceiro ano, o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão ao nabo forrageiro, no tratamento sem aplicação de N em cobertura no milho, foi similar ao verificado nos tratamentos com aplicação de 100 e 180kg ha⁻¹ de N em cobertura (Tabela 3). Em sucessão aos demais sistemas de cobertura de solo, o rendimento de grãos de milho foi menor nos tratamentos sem aplicação de N em cobertura, em relação aos com aplicação de 100 e 180kg ha⁻¹ de N. Esse fato pode ser atribuído ao alto rendimento de matéria seca (5,3t ha⁻¹) do nabo forrageiro, que disponibilizou grande quantidade de N para o milho em sucessão, devido à alta ciclagem de N de camadas mais profundas do solo. Segundo HEINZMANN (1985), esta quantidade pode chegar a 220kg ha⁻¹.

Tabela 3 - Dispendio, rendimento de grãos, receita bruta e margem bruta das espécies inverniais e do milho cultivado em sucessão, individualmente, e nos sistemas de sucessão, na estação de crescimento de 2005/06, em função de níveis variados de nitrogênio em cobertura.

Sistemas de cobertura de solo e/ou produção de grãos	Dispendio (R\$ ha ⁻¹)		-----Rendimento (t ha ⁻¹)-----			Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)		-----Margem bruta-----		
	Espécie de inverno	Milho	Espécie de inverno		Milho	Espécie de inverno	Milho	Espécie de inverno	Milho	Total
			Grãos	Matéria seca	Grãos					
Sem aplicação de N no milho em sucessão										
Cobertura de solo e produção de grãos										
Aveia branca	502	957	1,6	5,7	B 5,6 c ^b	387	1210	-115	253	138
Trigo	518	957	1,9	4,6	B 5,7 c	574	1230	56	273	329
Cobertura de solo										
Aveia preta	461	957	- ^a	8,3	B 5,7 c	-	1230	- 461	273	- 188
Ervilhaca comum	320	957	-	3,1	B 9,9 b	-	2130	- 320	1173	853
Nabo forrageiro	421	957	-	5,3	A 11,5a	-	2480	- 421	1523	1102
Pousio (test.)	71	957	-	-	B 8,7 b	-	1880	- 71	923	852
Com aplicação de 100 kg ha ⁻¹ de N no milho em sucessão										
Cobertura de solo e produção de grãos										
Aveia branca	502	1274	1,6	5,7	A12,4 ^{ns}	387	2670	-115	1396	1281
Trigo	518	1274	1,9	4,6	A 12,4	574	2670	56	1396	1452
Cobertura de solo										
Aveia preta	461	1274	-	8,3	A 12,1	-	2610	-461	1336	875
Ervilhaca comum	320	1274	-	3,1	A 11,6	-	2500	-320	1226	906
Nabo forrageiro	421	1274	-	5,3	A 11,7	-	2520	-421	1246	825
Pousio (test.)	71	1274	-	-	A 12,1	-	2610	-71	1336	1265
Média					12,0					
Com aplicação de 180 kg ha ⁻¹ de N no milho em sucessão										
Cobertura de solo e produção de grãos										
Aveia branca	502	1490	1,6	5,7	A 13,4 ^{ns}	387	2890	-115	1400	1285
Trigo	518	1490	1,9	4,6	A 12,8	574	2760	56	1270	1326
Cobertura de solo										
Aveia preta	461	1490	-	8,3	A 12,0	-	2590	-461	1100	639
Ervilhaca comum	320	1490	-	3,1	A 12,0	-	2590	-320	1100	780
Nabo forrageiro	421	1490	-	5,3	A 13,0	-	2800	-421	1310	889
Pousio (test.)	71	1490	-	-	A 12,4	-	2670	-71	1180	1109
Média					12,6					

^aNão avaliado, pois essas espécies destinaram-se especificamente para a produção de palha.

^bMédias seguidas pela mesma letra minúscula (comparação dentro de doses de N) e maiúsculas (comparação entre doses) não diferem significativamente entre si pelo teste DMS (P<0,05).

^{ns}Não-significativo.

Os dispendios feitos para produção das diferentes espécies de cobertura de solo no inverno e do milho cultivado em sucessão foram distintos (Tabelas 1 e 3). Entre as espécies inverniais, a aveia branca e o trigo apresentaram os maiores dispendios para produção nos três anos, principalmente, devido à não-realização da adubação de sementeira nos tratamentos onde as espécies se destinavam à produção de palha, nos dois primeiros anos. Nos três

anos, dos dispendios realizados com as espécies que se destinaram unicamente para produção de matéria seca, a aveia preta e o nabo forrageiro apresentaram maiores valores do que a ervilhaca comum, principalmente, devido à aplicação de N em cobertura, que não foi realizada na ervilhaca comum devido à fixação biológica.

Para produção do milho em sucessão, nos seis sistemas de cobertura de solo no inverno, o

dispêndio variou apenas no primeiro ano, devido ao fato de a adubação de N em cobertura no milho ter variado de acordo com os sistemas de cobertura de solo (Tabela 1). O milho em sucessão à ervilhaca comum e ao nabo forrageiro apresentou menor dispêndio em relação ao em sucessão às três espécies poáceas. O menor dispêndio para produção de milho ocorreu quando em sucessão ao tratamento pousio. No entanto, há que se considerar que, nesse sistema, apesar de o milho apresentar o menor dispêndio para sua produção, há maior risco de perdas de solo e nutrientes por erosão devido à ausência de cobertura da palha no inverno.

A receita e a margem bruta obtidas com o trigo foram superiores às verificadas com aveia branca nos três anos (Tabelas 1 e 3), devido ao maior rendimento de grãos e ao maior preço obtido com o trigo.

A margem bruta obtida com o milho em sucessão aos seis sistemas de cobertura de solo no inverno foi similar quando foram se aplicados os níveis médio (100kg ha^{-1}) e alto (180kg ha^{-1}) de adubação nitrogenada em cobertura (Tabelas 1 e 3). No entanto, do ponto de vista agrônomo, deve-se considerar os riscos fitossanitários inerentes à adoção de um sistema de sucessão com duas espécies da mesma família (poáceas). Por outro lado, é importante ressaltar, especialmente em sistemas de semeadura direta em início de implantação, a importância do cultivo de espécies da família das poáceas para anteceder o milho pela sua alta produção de palha, com decomposição bem mais lenta do que a de espécies com baixa relação C/N, como as das famílias das leguminosas e brassicáceas.

No terceiro ano, quando não se aplicou N em cobertura, a margem bruta obtida com o milho em sucessão às três espécies poáceas foi bem inferior à obtida em sucessão ao nabo forrageiro, à ervilhaca comum e ao pousio (Tabela 3). Isso demonstra o efeito negativo de espécies poáceas no desenvolvimento e no rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão sob baixa disponibilidade de N, pois, segundo VARGAS et al. (2005), seus resíduos possuem alta relação C/N, imobilizando boa parte do N presente no solo (VARGAS et al., 2005). As maiores margens brutas obtidas com o milho em sucessão ao nabo forrageiro e à ervilhaca comum devem-se à alta reciclagem de N do solo pela espécie brassicácea e ao aporte de N pela fixação biológica pela leguminosa.

As margens brutas obtidas com a produção de milho variou de R\$ 253,00 a R\$ 2716,00 por hectare, dependendo do ano de realização do experimento e do sistema de cobertura de solo no inverno. Em experimento realizado no mesmo local, SANGOI et al.

2006 obtiveram margens brutas com a produção de milho variáveis de R\$385,00 a R\$2937,00, em função do sistema de manejo e do tipo de cultivares utilizadas. Em outro estudo, SANGOI et al. (2003) concluíram que o maior investimento em práticas de manejo incrementa a margem bruta da cultura do milho, independentemente de local, e que a cultura do milho apresenta maior retorno econômico em Lages, SC, do que em Eldorado do Sul, RS, principalmente nos sistemas de manejo estabelecidos para otimizar a performance da lavoura. Os resultados obtidos por FORSTHOFER et al. (2006) indicaram que, com a melhoria das práticas de manejo e a adoção de cultivares com maior potencial produtivo, houve maior retorno econômico com a produção de milho nas épocas de semeadura de agosto e, principalmente, na de outubro. Com a semeadura tardia (dezembro), não ocorreu retorno econômico com o maior investimento em manejo.

Na comparação entre as margens brutas totais obtidas nos sistemas de sucessão de espécies de coberturas de solo no inverno e o milho, observou-se que o tratamento em que a espécie de inverno usada foi trigo apresentou a maior margem bruta no primeiro ano em que foram aplicadas doses variáveis de N em cobertura no milho conforme a espécie de cobertura de solo, devido principalmente à alta margem bruta obtida com trigo neste ano. A segunda maior margem bruta foi obtida com o sistema de sucessão ervilhaca comum e milho. Neste sistema, houve menor dispêndio para produção do milho cultivado em sucessão à ervilhaca comum devido à menor dose de N aplicada em cobertura.

Nos dois anos em que houve aplicação da mesma dose de N em cobertura no milho, independentemente do sistema de cobertura de solo no inverno, a margem bruta total dos sistemas de sucessão foi superior com o milho em sucessão à aveia branca e ao trigo (Tabelas 1 e 3). No terceiro ano, nos tratamentos sem aplicação de N, as maiores margens brutas totais foram observadas nos sistemas em que o milho foi conduzido em sucessão ao nabo forrageiro e à ervilhaca comum, devido aos benefícios dessas espécies sobre o milho, com o provimento de maior disponibilidade de N ao sistema e devido às vantagens que elas exercem no sistema de sucessão de culturas por serem de famílias distintas.

CONCLUSÕES

O custo de produção da ervilhaca comum é menor do que o da aveia preta e do nabo forrageiro, quando cultivados como espécies para cobertura de solo no inverno, antecedendo ao milho. Das espécies

para cobertura de solo e para produção de grãos, obtém-se maior margem bruta com o cultivo de trigo em relação ao de aveia branca. As vantagens econômicas do uso do nabo forrageiro e da ervilhaca comum como culturas antecessoras ao milho irrigado em relação às espécies poáceas só se evidenciam sob condições de baixa disponibilidade de N no solo.

AGRADECIMENTOS

À Agroeste Sementes, no segundo e terceiro anos, e ao PRONEX/CNPq/FAPERGS (Proc. N° 04/0842.2), no terceiro ano, pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa. Ao CNPq, pelas bolsas prêmio e de produtividade de pesquisa do segundo autor e pelas bolsas de pós-graduação e de iniciação científica dos estudantes participantes.

REFERÊNCIAS

- 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. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.679-686, 1999.
- BERGAMASCHI, H. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Vantagens do plantio direto são apresentadas na Expointer 2004**. Capturado em 02 ago. 2005. Online. Disponível na Internet: <http://www.cnpt.embrapa.br/noticias/not0489.htm>.
- FORSTHOFER, E.L. et al. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.399-407, 2006.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.1021-1030, 1985.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2005. Capturado em 18 de jul. de 2006. Online. Disponível na internet <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa>.
- MINETTO, T. **Revista Custo de Produção**. Anos 42, 43 e 44. Porto Alegre: Federação das Cooperativas Agrícolas do Estado do Rio Grande do Sul, 2003, 2004 e 2005. 98p.
- SÁ, J.C.M. de. **Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24p.
- SANGOI, L. et al. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.1021-1029, 2003.
- SANGOI, L. et al. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.747-755, 2006.
- SILVA, P.R.F. et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, p.1011-1020, 2006.
- VARGAS, L.K. et al. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.76-83, 2005.