

## ALELOPATIA DA CANOLA SOBRE O DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

### ALLELOPATHY OF CANOLA ON GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN

José Antonio Gonzáles da Silva<sup>1\*</sup>; Marcelo Bonapaz da Motta<sup>2</sup>; Cleusa Adriani Menegassi Bianchi<sup>1</sup>; Maraísa Crestani<sup>3</sup>; Juliano Gaviraghi<sup>4</sup>; Cristiano Fontaniva<sup>4</sup>; Ewerton Gewber<sup>4</sup>.

#### RESUMO

A canola (*Brassica napus* L.) é conhecida como espécie que produz compostos alelopáticos que podem influenciar no desenvolvimento das plantas. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial alelopático de canola no desenvolvimento e produção final de soja em condição de campo, procurando indentificar quais componentes de rendimento desta cultura são mais afetados pela alelopatia, e obter um intervalo entre a colheita da canola e sementeira da soja que viabilize esse sistema de sucessão. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições nos anos de 2007 e 2008, seguindo um modelo fatorial 2x10 para os tratamentos: Tipo de Condição (Ausência e Presença de canola) como cobertura de solo e Intervalo de Sementeira de Soja (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 dias) após a colheita da canola. Existe efeito alelopático de canola sobre a soja, principalmente em anos de reduzida precipitação e com maior expressão no componente de rendimento número de legumes por planta. O intervalo adequado na sucessão de canola e soja deve obedecer a um período mínimo de vinte dias.

**Palavras-chave:** *Brassica napus* L., *Glycine max* L., componentes do rendimento, sucessão de culturas.

#### ABSTRACT

The canola (*Brassica napus* L.) is a specie known by production of several allelopathic compounds hat can influence the growth of susceptible plants. The objective this study was evaluate the allelopathic potential of canola in growth and final production of soybean under field conditions, looking for to identify yield components of soybean that are most affected by allelopathy. If allelopathy is observed, propose an

interval between canola harvest and soybean sowing that allows the viability in this succession system. The experimental design was randomized blocks with four replications. A factorial scheme 2 x 10 was used in which the factors were the soil cover (absence or presence canola crop) and the interval of soybean sowing (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 days) after canola harvest. The experiments were carried out in 2007 and 2008. There is allelopathic effect of canola on soybean, mainly in years of reduced precipitation. The yield component major affected was the number of pods per plant. The appropriate interval of a minimum twenty days was necessary for succession of soybean after the canola crop.

**Keywords:** *Brassica napus* L., *Glycine max* L., yield components, several cover crops.

#### INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var oleifera) vem se confirmando como uma alternativa de importância agrônômica no período de estação fria do sul do Brasil em relação ao trigo. Este fato está relacionado ao seu potencial para a produção de grãos, do menor risco de perdas por geadas e do forte interesse da indústria, em virtude da qualidade do óleo e do farelo voltado a alimentação humana e animal, bem como, da perspectiva de sua utilização como combustível alternativo (SILVA & FREITAS, 2008; CANOLA, 2011). Somado a isto, representa uma espécie importante em sistemas de rotação de culturas, seja pela quebra no ciclo de moléstias e ou ciclagem de nutrientes para aquelas subseqüentes de verão, como a soja (TOMM, 2009).

Na safra 2010/2011 a cultura da soja representou quase que 50% da produção brasileira de grãos, com valores chegando ao recorde de 73,6 milhões de toneladas, assegurando o Brasil como um

<sup>1\*</sup> Professor do Departamento de Estudos Agrários, Curso de Agronomia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), Rua do Comércio, nº 3000, Bairro Universitário, CEP 987000-000, Ijuí. E-mail: jagsfaem@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, técnico comercial de vendas e responsável por pesquisas em tecnologia de produção de canola em parceria com o Departamento de Estudos Agrários DEAg/UNIJUÍ.

<sup>3</sup> Doutora em Agronomia- área de concentração Fitomelhoramento, Faculdade de Agronomia 'Eliseu Maciel'/UFPEL.

<sup>4</sup> Bolsista de Iniciação Científica do Curso de Agronomia do Departamento de Estudos Agrários do DEAg/UNIJUÍ.

dos maiores produtores e exportadores mundiais do produto (CONAB, 2011). No estado do Rio Grande do Sul, a soja é a cultura que detém maior área de cultivo, e isto se deve, principalmente, a forte profissionalização de agricultores, emprego de cultivares elite, uso intenso de insumos agrícolas e adequadas técnicas de manejo. A adoção generalizada da semeadura direta “plantio direto”, técnica de manejo que possibilitou redução da degradação dos solos, aumento da produtividade do trabalho e uma agricultura de maior equilíbrio, vêm mostrando que o tipo de cobertura morta “palhada”, pode favorecer a liberação de compostos que inibem a germinação ou o desenvolvimento das plantas, caracterizando um efeito de alelopatia (NEVES, 2005).

A alelopatia é qualquer alteração direta ou indireta que uma planta exerce sobre a outra através de metabólitos secundários denominados aleloquímicos (RADOSEVIC et al., 1997; SILVA, et al., 2011). A maior parte dos efeitos alelopáticos constatados são inibitórios, causado por substâncias fitotóxicas liberadas da raiz pela exsudação e volatilização ou durante a decomposição da palhada sobre cobertura do solo (WU et al., 1999; ALVES, et al., 2004). Em espécies da família *Brassicaceae*, da qual faz parte a canola, é comum a formação de um grupo de glicosídeos armazenados em vacúolos celulares chamado glucosinolatos. Estes compostos químicos, por ação de enzimas existentes no solo são convertidos em uma variedade de potenciais aleloquímicos como a nitrila, isotiocianatos, tiocianato e ácido tiociônico que podem interferir negativamente no desenvolvimento e produção final da cultura subsequente (HEINZEMANN, 2000, NEVES, 2005). Alguns autores salientam que vários glucosinolatos e isotiocianato inibem significativamente a germinação de trigo e soja, sob restos culturais de plantas do gênero *Brassica* (BIALY et al. 1990; RIZZARDI, et al., 2008).

Em trabalhos realizados com colza, foram verificados efeitos alelopáticos sobre picão-preto (*Bidens pilosa* inserir o descritor da espécie) a ponto de sugerir a utilização destes compostos na formulação de herbicidas naturais (NEVES, 2005). Em outros estudos tem sido relatado o comportamento alelopático de canola envolvendo extratos aquosos da planta em testes de bioensaios (CASTRO et al., 1983; WU et al., 1999; TREZZI, 2002; RIZZARDI et al., 2008), porém, com poucas informações sobre seus efeitos em condições naturais em sistemas de produção com sucessão canola/soja. As Indicações Técnicas da Cultura da Canola vem orientando os agricultores no sentido de manter um intervalo entre a colheita de canola e semeadura de soja prevendo a possibilidade de prejuízos decorrente da alelopatia (TOMM, 2009).

Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial alelopático do cultivo da canola sobre o desenvolvimento e a produção final da soja em cultivo

sucessivo a campo, procurando identificar que componentes de rendimento na soja são mais afetados pelo efeito da alelopatia, além de, obter um intervalo entre a colheita da canola e a semeadura da soja que viabilize esse sistema de sucessão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural/IRDeR, pertencente ao Departamento de Estudos Agrários da UNIJUI, em Augusto Pestana, RS, em dois períodos distintos, nos anos de 2007 e 2008, que foram: i) semeadura da canola no período da estação fria na primeira semana de maio e com posterior colheita para um ciclo médio estimado de 140 dias e, ii) semeadura de soja em intervalos de cinco dias a partir da data de colheita da canola. A cultivar de canola utilizada foi a Hyola 61, híbrido proveniente da Austrália, largamente cultivada nas lavouras do noroeste do estado do Rio Grande do Sul e a cultivar de soja CODETEC 214 RR, de favorável aceitação pelos agricultores.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições seguindo um modelo fatorial 2x10 para os fatores de tratamento Tipo de Condição (Ausência e Presença de canola como cobertura de solo) e Intervalo de Semeadura da Soja (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 dias) após a colheita da canola, respectivamente. A condição sem a presença do cultivo da canola representou resíduo vegetal com espécies de desenvolvimento espontâneo (aveia preta e azevém), comum nesta época do ano, e, portanto, dessecadas anteriormente para proceder à semeadura direta da soja. A unidade experimental (parcela) foi representada por 21 linhas de 11 metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20 m, constituindo uma dimensão de 11 x 4,20 m, totalizando 80 parcelas com área experimental de 4.850 m<sup>2</sup> nos dois anos de avaliação. Para o cultivo da canola foi empregado uma quantidade de sementes de 3,5 kg ha<sup>-1</sup> visando compor uma população de 40 mil plantas por hectare. Além disto, foi realizada uma adubação de base na quantidade de 200 kg ha<sup>-1</sup> de NPK na formulação 5-18-24 e de cobertura com uréia, correspondente a 60 Kg de N ha<sup>-1</sup>, aplicado com a plântula no estágio fenológico de quatro folhas verdadeiras, de acordo com os resultados da análise de solo para produtividade de grãos aproximada de 1500 kg ha<sup>-1</sup> e conforme indicações técnicas da cultura da canola (TOMM, 2009). A colheita em ambos os anos de avaliação (2007 e 2008) foi executada manualmente para duas amostragens de um metro quadrado em cada parcela (unidades de observação), em que as plantas foram trilhadas em laboratório para quantificação da produtividade de grãos. O restante existente nas parcelas para este experimento foi colhida com colheitadeira automotriz com espalhador

de palha, simulando uma situação real de condição de lavoura.

A semeadura da soja iniciou no dia da colheita da canola nestes dois anos de estudo (16/10/2007 e 18/10/2008) e se estendeu até meados de dezembro, empregando uma densidade populacional de 200 mil plantas por hectare, com espaçamento entrelinhas de 0,43 m. Na adubação de base foi utilizada a quantidade de 200 kg ha<sup>-1</sup> de NPK da formulação 0-20-30, segundo critérios das Indicações técnicas da cultura da soja para o RS e SC (Reunião, 2010). Na colheita, em cada parcela, foram colhidas três unidades amostrais de um metro quadrado para estimativa do rendimento de grãos (RG) e quinze plantas, coletadas de forma aleatória na parcela, para determinação dos componentes do rendimento, que foram: número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP) e massa de mil grãos (MMG), incluindo também, a mensuração do caráter estatura de planta (EST), no estágio final da cultura. A semeadura e os demais tratamentos culturais foram realizados de forma mecanizada, procurando estabelecer condições reais de manejo para as duas espécies, com exceção da colheita manual nas unidades de observação para maior controle experimental.

Para avaliação dos componentes de rendimento da soja, as plantas foram colhidas e levadas ao laboratório, onde foram secas em estufa de ar forçado com temperatura controlada de 50 °C por 72 horas para secagem. Após a secagem, os legumes foram separados do restante da planta, quantificados e debulhados para a obtenção do NGP, MMG e estimativa do RG, sendo que, para esta medida, foi determinada a umidade dos grãos e corrigido para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância com posterior testes de médias pelo modelo de Tukey a 5% de probabilidade de erro de modo a verificar os efeitos oriundos de alelopatia quanto à ausência e presença da canola como cobertura de solo para a semeadura direta da soja. Para proceder as

análises foi empregado como ferramenta estatística o programa computacional Genes (CRUZ, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os efeitos de ano, intervalo de semeadura da soja e o tipo de condição (solo com e sem resíduo de canola), foi observado apenas interação simples entre os anos e o tipo de condição para o caráter principal rendimento de grãos (dados não apresentados).

Foram detectadas diferenças significativas em todas as variáveis testadas, para os intervalos de semeadura da soja (ISS) após colheita de canola (Tabela 1), evidenciando a possibilidade do efeito alelopático da canola interferir diretamente na expressão dos distintos caracteres analisados na soja, em ambos os anos de avaliação (2007 e 2008). No entanto, a fonte de variação ISS não pôde ser considerada isolada, visto que, os efeitos de fotoperíodo também atuaram de modo decisivo no desenvolvimento desta espécie, principalmente, se tratando das distintas épocas de semeadura da soja que ocorreram de outubro a dezembro nestes anos de avaliação. Assim, o desenvolvimento da equação de regressão para definição da duração desta alelopatia tende a se traduzir em modelo não confiável para esta determinação. Desta forma, para obter maior controle sobre estes efeitos, os intervalos de semeadura foram reduzidos para cinco dias de forma a fixar o ISS, variando em cada condição a presença ou ausência de canola como cobertura de solo. A soja representa espécie fortemente influenciada pela época de semeadura devido à sensibilidade fotoperiódica, modificando suas relações entre as características de crescimento da planta com a expressão dos componentes diretos e indiretos do rendimento de grãos (NAVARRO et al., 2001). Portanto, alterações na época de semeadura podem se traduzir em profundas modificações devido à sensibilidade fotoperiódica da própria cultivar ao longo do período de semeadura e não propriamente de efeitos de alelopatia.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos efeitos do Intervalo de Semeadura da Soja (ISS) após colheita de canola (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 dias) e Tipo de Condição (TC): ausência e presença de canola como cobertura de solo, além da interação destes caracteres sobre os componentes mensurados plantas de soja.

QUADRADO MÉDIO 2007						
FONTE DE VARIÇÃO	GL	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	NLP (n)	NGP (n)	MMG (g)	EST (cm)
BLOCO	3	1056978,15*	835,98	4510,89	33,67	15,78
ISS	9	1763537,28*	2487,10*	7683,44*	130,42*	970,73*
TC	1	2610392,51*	5567,78*	14466,82*	5,46	72,00
ISS*TC	9	376646,96	1466,97*	6412,97*	49,17	72,30
ERRO	57	378249,82	409,46	2220,35	29,32	28,46
TOTAL	79					
Média Geral		2852,16	84,49	165,72	113,00	75,01
CV (%)		21,5	23,9	28,4	4,7	7,1
QUADRADO MÉDIO 2008						
FONTE DE VARIÇÃO	GL	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	NLP (n)	NGP (n)	MMG (g)	EST (cm)
BLOCO	3	1256665,20*	538,18	2671,89	75,87	45,39
ISS	9	1934543,38*	1537,14*	8643,12*	151,23*	1284,73*
TC	1	639128,17	541,63	4532,22	14,67	114,00
ISS*TC	9	164328,96	466,97	2312,15	35,11	32,30
ERRO	57	307341,18	501,46	1238,35	34,65	38,04
TOTAL	79					
Média Geral		3222,45	94,49	235,72	112,20	84,01
CV (%)		19,50	18,10	22,4	9,1	14,1

\*Significativo (GL)= Grau de liberdade; (RG)=Rendimento de grãos; (NLP)=Número de legumes por planta; (NGP)=Número de grãos por planta; (MMG)=Massa média de mil grãos; (EST)=Estatura de planta(cm).

A análise que contrasta o tipo de condição (TC) na ausência e presença de canola como cobertura do solo representa o fator mais efetivo de observação. Desta forma, considerando a Tabela 1 para o ano de 2007, evidências claras dos efeitos desta brassica sobre a soja foram confirmados, afetando as variáveis RG, NLP e NGP, indicando presença da interferência aleloquímica. Por outro lado, a MMG e a EST não foram afetadas, justificando que os efeitos observados nestes caracteres para o ISS foram integralmente decorrentes do fotoperíodo pelas épocas de semeadura. Para o caráter RG, interações entre TC e ISS não foram detectadas, indicando que o comportamento de sua expressão foi constante ao longo do período de semeadura da soja no ano de 2007.

Na Tabela 1 para o ano de 2008, diferenças entre os intervalos de semeadura foram confirmadas em todas variáveis testadas, justificado pelas distintas épocas de semeadura como relatado para o ano anterior, porém, com ausência completa de diferenças pelo tipo de condição estabelecido (presença e ausência de canola) em todos os caracteres da soja analisados. Esta diferença no comportamento entre os anos levanta a hipótese que o potencial alelopático do

resíduo vegetal da canola pode ser dependente de outros fatores além da característica da espécie, fatores esses que podem maximizar ou anular o poder de supressão destes aleloquímicos. A efetividade da ação de compostos aleloquímicos está diretamente relacionada à sua forma de liberação, da concentração nos tecidos e das condições do ambiente em relação ao processo de decomposição do resíduo vegetal (PIRES et al., 2001; HAGENANN et al., 2010). Segundo estes autores, em determinados anos esses compostos sofrem rápida transformação no solo pelo excesso de chuvas, que além de facilitar a degradação por microrganismos, dilui sua concentração, tornando o composto alelopático pouco eficaz ou praticamente inerte. Foi relatado que em anos relativamente secos, os restos culturais da canola foram de lenta decomposição interferindo significativamente no rendimento de grãos e na altura de inserção dos primeiros legumes na soja (SANTOS et al., 1991; RIZZARDI, et al., 2008). Contudo, se reforça que a velocidade de decomposição da matéria seca é dependente das características relacionadas ao próprio resíduo vegetal (relação carbono/nitrogênio), da atividade microbiana frente à taxa de

decomposição, da temperatura, umidade, pH, tipo de solo e nível de oxigênio (NETO et al., 2010).

Na Tabela 2, estão apresentados os valores de precipitação diária nestes dois anos de estudo e que junto aos relatos anteriormente observados podem ser argumentos fortes para explicar os resultados encontrados neste estudo. Diante disto, percebe-se que as precipitações a partir da data de colheita da canola e sementeira da soja para o ano de 2008 foram bem superiores ao ano anterior, visto que, o mês de outubro (2007) indicou valor acumulado de precipitação a partir da sementeira da soja de 86,2 mm e total do mês de 180,4 mm e, em outubro de 2008, os valores foram de 251,2 e 385,4 mm da sementeira da soja e total do mês, respectivamente, propiciando condição de maior facilidade de decomposição destes aleloquímicos. Como nos meses de novembro a precipitação total foi similar nos dois anos de cultivo (2007= 136,6 mm e 2008= 115,7 mm), os volumes obtidos em outubro parecem representar os mais

efetivos no processo de decomposição da canola (Tabela 2). No entanto, mesmo que seja evidente a confirmação desta hipótese, fica clara a necessidade de estabelecer um intervalo de segurança que possa viabilizar este sistema de sucessão independente do ano de safra pelo maior ou menor volume de chuvas que facilite ou não a decomposição destes aleloquímicos.

O ano de cultivo de 2007 foram evidenciados efeitos de alelopatia com valores de quadrado médio para o TC superiores ao ISS nas variáveis RG, NLP e NGP (Tabela 1), tornando evidentes as contribuições dos efeitos alelopáticos da canola para proporcionar diferenças nestas variáveis de forma mais intensa do que as decorrentes das distintas épocas de sementeira da soja, fortalecendo a confirmação dos efeitos alelopáticos desta brassica e da importância na definição de um intervalo de recomendação na sucessão canola/soja.

Tabela 2. Dados diários e totais acumulado de precipitação pluviométrica durante os meses de outubro, novembro e dezembro nos anos de 2007 e 2008.

DIAS	PRECIPITAÇÃO (mm) MESES 2007			PRECIPITAÇÃO (mm) MESES 2008		
	OUT	NOV	DEZ	OUT	NOV	DEZ
1	.	50,8	.	.	28,8	.
2	.	.	.	2,0	17,6	5,9
3	.	.	.	.	.	.
4	3,0	.	.	8,0	.	.
5	.	.	22,0	.	.	.
6	.	.	.	.	19,2	.
7	1,0	.	.	.	.	.
8	.	.	.	.	.	.
9	.	.	.	.	3,2	5,2
10	34,0	6,8	155,6	.	.	.
11	20,2	.	.	16,6	10,7	.
12	36,0	.	.	.	.	.
13	.	.	.	24,0	.	.
14	.	44,0	.	31,0	.	21,8
15	.	.	.	52,6	.	.
16	<b>SS</b>	.	.	.	.	.
17	.	.	.	.	.	.
18	.	19,6	.	<b>SS</b>	.	.
19	.	.	.	.	.	.
20	12,8	.	.	.	.	.
21	.	.	.	.	16,2	.
22	.	.	4,0	40,6	.	.
23	.	.	.	25,0	.	.
24	.	5,0	5,4	.	.	35,2
25	.	10,4	4,2	77,4	.	.
26	.	.	.	76,8	20,0	.
27	.	.	3,0	4,4	.	.
28	.	.	2,0	.	.	17,0
29	34,2	.	38,8	27,0	.	.
30	39,2	.	12,0	.	.	.
31	.	.	.	.	.	.
<b>TOTAL</b>	<b>180,4</b>	<b>136,6</b>	<b>246,4</b>	<b>385,4</b>	<b>115,7</b>	<b>85,1</b>

**SS**= data da colheita da canola e início de semeadura da soja; out= outubro; nov= novembro; dez= dezembro.

Na tabela 3 estão apresentadas as médias gerais do rendimento de grãos pela ausência de interação, considerando os anos de cultivo em cada condição estudada. Assim, no ano de 2007, os valores médios indicaram que a condição sem resíduo de canola determinou um rendimento de grãos de 3032,8 kg ha<sup>-1</sup> em contraste à presença desta palha sobre o solo, onde o rendimento foi de 2671,5 kg.ha<sup>-1</sup>, de aproximadamente 12% inferior. Este fato ratifica as evidências relatadas anteriormente, em que os glucosinolatos contidos em tecidos de plantas como a canola produzem aleloquímicos altamente eficazes na inibição de processos que vão da germinação ao seu desenvolvimento final. Vários glucosinolatos e isotiocianatos inibem significativamente a germinação em trigo na concentração de 500 mg L<sup>-1</sup> (BIALY et al., 1990). Em bioensaios utilizando extratos de canola, CASTRO et al. (1983) observaram inibição eficiente tanto na germinação como no crescimento da radícula

de alface e tomateiro. NEVES (2005) detectou a presença de efeitos alelopáticos promovido pelas folhas, raízes e caules desta espécie sobre plantas jovens de soja em casa de vegetação. Também RIZZARDI et al. (2008) verificaram que as raízes da planta seca de canola mostraram tendência linear na redução da germinação em picão-preto, decrescendo a cada 1% no incremento da concentração do extrato proveniente da raiz. Em extratos oriundos da planta verde, os mesmos autores comentam sobre reduções significativas na germinação de aquênios de picão-preto, principalmente de extratos elaborados com as folhas, evidenciando que os efeitos alelopáticos da canola também dependem da concentração em que a substância está presente no tecido, bem como, do estágio de desenvolvimento e órgão da planta.

As médias realizadas no ano de 2008 não confirmaram os efeitos de alelopatia da canola (Tabela 3), entretanto, o RG nesta época de avaliação foi

superior ao ano de 2007. Este efeito pode estar associado a maior e melhor distribuição da chuva no mês de outubro de 2008 (Tabela 2), possivelmente

favorecendo a decomposição de forma mais rápida dos restos vegetais das plantas de canola, reduzindo seu potencial efeito alelopático.

Tabela 3. Média do rendimento de grãos (RG) em plantas de soja cultivadas na presença e ausência de canola como cobertura de solo nos anos de 2007 e 2008.

TIPO DE CONDIÇÃO (TC)	ANOS DE CULTIVO (RG, kg ha <sup>-1</sup> )	
	2007	2008
Ausência de Canola	B3032,8a	A3321,7a
Presença de Canola	B2671,5b	A3123,2a
dms do TC	275,39	242,42

Médias distintas seguidas por letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ); dms= diferença mínima significativa.

Foi verificado que determinadas condições de cultivo da soja resultaram menores produtividades no sistema de semeadura direta em comparação ao convencional, principalmente após cultivos de trigo e aveia (VOLL et al., 2009), pois a decomposição da palhada destas espécies liberava ácido aconítico que promoviam efeitos de alelopatia retardando o crescimento da cultura. Em estudos realizados com *Raphanus raphanistrum* L., espécie da mesma família da canola, efeitos distintos na intensidade de alelopatia foram observados a ponto de inibir a percentagem e velocidade de germinação e comprimento radicular de sementes de alface. Portanto, mesmo que algumas espécies evidenciem benefícios para o sistema como reduzida relação C/N, rápida decomposição, ciclagem de nutrientes e adequada cobertura de solo, podem trazer efeitos inibidores para as culturas em sucessão oriundas de alelopatia. Conforme ressalta FRITZ et al. (2007) efeitos inibitórios sobre a germinação e o

crescimento de plantas estão frequentemente associados à alelopatia, recaindo a importância de compreensão destas interações vegetais em seus ambientes naturais e agroecossistemas.

Pela presença de interação entre o ISS e o TC para o ano de cultivo de 2007 na variável NLP e NGP (tabela 1), na tabela 4 estão apresentados os valores médios de expressão destes caracteres em cada condição, a fim de propor a partir destes resultados um intervalo de segurança que permita reduzir ou eliminar os efeitos de alelopatia. Portanto, em relação ao NLP foram detectadas diferenças estatísticas em relação às condições de ausência e presença de canola como resíduo vegetal até o período correspondente a quinze dias após semeadura da soja. A partir do período vinte dias após semeadura a presença de canola como cobertura de solo não promoveu diferenças nos demais pontos de observação.

Tabela 4. Análise de médias dos componentes de produção em soja número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por planta (NGP) dos efeitos de interação entre o Intervalo de Semeadura de Soja (ISS) com o Tipo de Condição (A= Ausência e P= Presença de canola como cobertura de solo) realizadas no ano de 2007.

TC	Intervalo de Semeadura de Soja (ISS), em dias – NLP									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
A	94,2a	96,4a	153,0a	137,9a	112,2a	95,9a	90,9a	95,5a	85,2a	77,7a
P	72,8b	78,5b	96,3b	85,4b	101,4a	82,9a	86,6a	88,3a	79,2a	70,4a
dms	12,7	14,3	27,1	31,1	25,6	27,8	21,4	24,0	27,7	14,1
TC	Intervalo de Semeadura de Soja (ISS), em dias – NGP									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
A	170,9a	229,2a	276,6a	267,2a	241,6a	170,8a	191,0a	163,a	140,5a	124,a
P	124,8b	164,0b	193,9b	206,6b	211,3a	156,2a	178,3a	149,a	129,1a	115,a
dms	35,7	46,6	42,0	37,4	36,3	36,7	37,2	29,2	33,4	18,5

TC= tipo de condição (A= Ausência e P= Presença) de canola como cobertura de solo; Médias seguidas por letra distinta na coluna diferem estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ); dms= diferença mínima significativa.

Em relação ao NGP, os resultados foram similares ao encontrados no NLP, visto que, nos pontos 0, 5, 10 e 15 dias com o emprego de canola como cobertura de solo houve redução da produção de soja, a qual não foi influenciada pelos tratamentos a partir do 20º dia após semeadura (Tabela 4). Contudo, importante salientar que as diferenças promovidas no NGP eram esperadas, pois, a redução no NLP se traduz diretamente no detrimento do NGP. Além disto, a formação de um legume por si só, já representa no mínimo a formação de um a três grãos (JUNIOR & COSTA, 2002). Importante comentar, que talvez a MMG não tenha sido a única variável em não promover alterações frente aos efeitos de alelopatia (Tabela 1), pois, mesmo que o número de grãos por legume (NGL) não tenha sido avaliado, existe a hipótese que sua expressão não tenha sido comprometida. De acordo com RAMBO et al. (2004), tanto a MMG e o NGL tendem a evidenciar maior estabilidade, a tal ponto que a contribuição do potencial de rendimento de grãos em soja se dá pela maior presença de estruturas reprodutivas (flores e legumes), principalmente a partir de estágio fenológico R<sub>5</sub> e de legumes por área em R<sub>8</sub>.

Os resultados referentes ao NLP em soja foi fortemente influenciado pelos efeitos da alelopatia até o 15º dia de plantio da soja após canola pela evidência de diferenças entre a presença e ausência do resíduo desta brassica até este período (Tabela 4), sugerindo que o momento de maior concentração destes aleloquímicos ativos verificados no ano de 2007 ocorre no estágio fenológico de produção de flores e de legumes na soja. Os aleloquímicos agem produzindo mudanças nas funções fisiológicas das plantas como respiração, fotossíntese e absorção de íons (PIRES & OLIVEIRA, 2001). Além disso, sua presença é mais evidente no solo durante a percolação das substâncias da planta resultante da decomposição dos resíduos vegetais. A decomposição dos resíduos da canola em anos mais secos se dá de forma também mais lenta, o princípio ativo mais efetivo de sua ação provavelmente coincide com o início de florescimento e formação do legume na soja, justificando as possíveis alterações proporcionadas neste caráter. Anos relativamente secos, os restos culturais da canola sofrem lenta decomposição e proporcionam interferências mais ativas no rendimento final da soja e outras culturas (SANTOS et al., 1991; MORAES, et al., 2010). Desta forma, mesmo que o período mencionado de vinte dias represente um intervalo de segurança, esse período pode ser reduzido ou ampliado em virtude das condições de ambiente no ano de cultivo.

As indicações técnicas da cultura da canola (TOMM, 2009), referem-se a esta espécie como uma cultura potencialmente alelopática, recomendando um intervalo de 15 a 20 dias entre a colheita de canola e a semeadura da soja ou do milho, para permitir a degradação de compostos alelopáticos presentes na

biomassa desta espécie, corroborando com os resultados identificados nesta pesquisa em condições reais de cultivo. A canola corretamente manejada proporciona grandes benefícios no sistema de rotação de culturas, particularmente com trigo, diminuindo os problemas de doenças que afetam este cereal (fungos necrotróficos), além disto, evidencia rápida disponibilidade de nitrogênio no solo pela baixa relação C/N e oportuniza a produção de óleos vegetais no período de estação fria do ano. Ressalta-se que este óleo traz grandes benefícios para o consumo humano (alimento funcional) além de possibilitar seu emprego com vistas a produção de biodiesel (SILVA & FREITAS, 2008). Ainda, o próprio subproduto que é o farelo se constitui de 34 a 38% de proteína, altamente indicado na formulação de rações. Aliado a tudo isto, traz benefícios efetivos no sistema para a soja, pois, além de disponibilizar nutrientes a cultura não é hospedeira de nematóide do cisto (TOMM, 2009). Para tanto, o intervalo de semeadura de soja após colheita de canola deve ser respeitado, permitindo garantir o aproveitamento dos benefícios que proporciona esta sucessão.

## CONCLUSÃO

A canola apresenta efeito alelopático sobre a cultura da soja, principalmente em anos de reduzida precipitação e com maior expressão no componente de rendimento número de legumes por planta. O intervalo adequado na sucessão de canola e soja deve obedecer a um período mínimo de vinte dias.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUI pela concessão de bolsas de Iniciação Científica, de Produtividade em Pesquisa e dos recursos humanos e estruturais para condução deste estudo. Também, a Empresa Camera Agroalimentos S/A pelo fornecimento das sementes dos híbridos de canola.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M.C.S.; FILHO, S.M.; INNECCO, R.; TORRES, S.B. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento de raiz de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p. 1083-1086, 2004.

BIALY, Z.; OLESZEK, W.; LEWIS, J.; FENWICK, G.R. Allelopathic potential of glucosinolatos (mustard oil glycosides) and their degradation products against



- wheat. **Plant and Soil**, Dundee, v. 129, n.1, p.277-281, 1990.
- CANOLA. In: **Canola Council of Canada**. Disponível em <http://www.canola-council.org>. Acesso em 15 de maio de 2011.
- CASTRO, P.R.C.; RODRIGUES, J.D.; MORAIS, M.A.; CARVALHO, V.L.M. Efeitos alelopáticos de alguns extratos vegetais na germinação do tomateiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v.2, n.2, p.79-85, 1983.
- CONAB. In: **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2010/2011**. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 06 jun. de 2011.
- CRUZ, C.D.; **Programa GENES – Versão Windows, aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- FRITZ, D.; BERNARDI, A.P.; HAAS, J.S.; ASCOLI, B.M.; BORDIGNON, S.A.L.; POSERI, G.V. Germination and growth inhibitory effects of *Hypericum myrianthum* and *H. Polyanthemum* extracts on *Lactuca sativa* L. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v.17, n.1, p.44-48, 2007.
- HAGENANN, T.T.; BENIN, G.; LEMES, C.; MARCHESE, J.A.; MARTIN, T.N.; PAGLIOSA, E.S.; BECHE, E. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.3, p.509-518, 2010.
- MORAES, P.V.D.; AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L.E.; BRANDOLT, R.; TIRONI, S.P.; OLIVEIRA, C.; MARKUS, C. Efeito alelopático de plantas de cobertura, na superfície ou incorporadas ao solo, no controle de picão-preto. **Revista FZVA**, Uruguaiana, v.17, n.1, p.51-67, 2010.
- NAVARRO, H.M.; COSTA, J.A. Expressão do potencial de rendimento de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.37-43, 2001.
- NETO, M.S.; PICOLLO, M.C.; FILHO, S.P.V.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.923-936, 2010.
- NEVES, R. **Potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. oleifera) na supressão de picão-preto (*Bidens* sp.) e soja**. Passo Fundo, 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo.
- PIRES, N.M.; OLIVEIRA, R.V. Alelopatia. In: OLIVEIRA, R.S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, p.145-187, 2001.
- PIRES, N. M.; PRATES, H.T.; PEREIRA FILHO, I.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. de; FARIA, T.C. Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.2, n.1, p.61-65, 2001.
- RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.33-40, 2004.
- REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA REGIÃO SUL, 38, 2010, Cruz Alta. **Indicações Técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2010/2011 e 2011/2012**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 2010. 168p.
- RIZZARDI, M.A.; NEVES, R.; LAMB, T.D.; JOHANN, L.B. Potencial alelopático da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. Oleifera) na supressão de picão-preto (*Bidens* sp) e soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, n.2, p.239-248, 2008.
- SANTOS, H.P. dos.; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.R.; ROMAM, E.S. Efeito de sistemas de cultivo no rendimento de grãos e outras características agrônômicas das plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n.5, p.1539-1549, 1991.
- SILVA, H.L.; TREZZI, M.M.; BUZELLO, G.; PATEL, F.; JUNIOR, E.M.; DEBASTIANI, F. Potencial supressivo de genótipos e níveis de palha de girassol (*Helianthus annuus* L.) sobre o desenvolvimento de picão preto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1, p.10-20, 2011.
- SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.E. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.843-851, 2008.
- TOMM, G.O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G.A.; SANTOS, H.P. dos. **Tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41p. html (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 113). Disponível: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do113.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm).

TREZZI, M.M. **Avaliação do potencial alelopático de genótipos de sorgo**. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. Crop cultivars with allelopathic capability. **Weed Research**, New York, v.39, n.1, p.171-180, 1999.

VOLL, E.; GARCIA, A.; GAZZIERO, D.L.P.; ADEGAS, F.S. Alelopatia do ácido aconítico em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.6, p.645-648, 2009.