

HABILIDADE COMPETITIVA, ALTERAÇÕES NO METABOLISMO SECUNDÁRIO E DANOS CELULARES DE SOJA COMPETINDO COM *Conyza bonariensis* RESISTENTE E SUSCETÍVEL A GLYPHOSATE¹

Competitive Ability, Secondary Metabolism Changes and Cellular Damage in Soybean Competing with Conyza bonariensis Glyphosate-Resistant and Susceptible to Glyphosate

SILVA, D.R.O.², AGOSTINETTO, D.³, VARGAS, L.⁴, LANGARO, A.C.³ e DUARTE, T.V.³

RESUMO - Biótipos de buva resistentes aos herbicidas podem apresentar menor habilidade competitiva, comparado com o biótipo suscetível, quando em convivência com a cultura da soja. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a habilidade competitiva de soja com biótipos de buva, resistente e suscetível ao herbicida glyphosate, e identificar as alterações no metabolismo secundário e danos celulares em função da competição. Foram realizados três experimentos em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo o primeiro conduzido em série aditiva e os demais em série de substituição, com população de 315 plantas m⁻². As variáveis avaliadas foram estatura, área foliar, massa seca, fenóis totais, peroxidação lipídica e extravasamento eletrolítico. A análise da competitividade foi feita por aplicação de diagramas e interpretações dos índices de competitividade. Os biótipos de buva resistente e suscetível ao glyphosate apresentam maior habilidade competitiva que o cultivar de soja CD 226 RR, ao passo que os biótipos de buva possuem similar capacidade em competir com a cultura. A interferência interespecífica causa maiores danos à cultura da soja, enquanto a interespecífica é mais prejudicial aos biótipos de buva. A cultura sofre alterações no seu metabolismo secundário em razão da competição com ambos os biótipos de buva.

Palavras-chave: *Glycine max*, competição, buva, série de substituição.

ABSTRACT - Herbicide resistant hairy fleabane biotypes may have lower competitive ability compared with herbicide-susceptible biotypes in coexistence with soybean. The objectives of this work were to evaluate the soybean competitive ability with glyphosate resistant and susceptible hairy fleabane biotypes. Three experiments were conducted in a greenhouse in a completely randomized design, with four replications. The treatments of the first experiment were conducted in additive series and the others were conducted in replacement series, with a density of 315 plants m⁻². The variables assessed were height, leaf area, height, dry matter, total phenols, lipid peroxidation and electrolyte leakage. Competitive analysis was performed by application of diagrams and interpretations of competitiveness indices. The glyphosate resistant and susceptible hairy fleabane biotypes have greater competitive ability than the cultivar CD 226 RR, while both hairy fleabane biotypes have similar ability to compete with the crop. Interspecific competition causes more damage to the soybean crop, whereas intraespecific competition causes more injuries to hairy fleabane biotypes. Changes on the crop secondary metabolism are due to competition from hairy fleabane plants.

Keywords: *Glycine max*, competition, hairy fleabane, replacement series.

¹ Recebido para publicação em 9.10.2013 e aprovado em 18.5.2014.

² Instituto Federal Farroupilha, campus São Vicente do Sul, São Vicente do Sul-RS, Brasil, <diecsonros@hotmail.com>; ³ UFPel, Pelotas-RS, Brasil; ⁴ Embrapa Trigo, Passo fundo-RS, Brasil.



INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o desenvolvimento da biotecnologia voltada à agricultura, a produção agrícola vem crescendo; entre os fatores que contribuíram com esse crescimento está o desenvolvimento de cultivares resistentes ao herbicida glyphosate, que permitiu aos agricultores simplificar o controle de plantas daninhas na soja, substituindo a utilização de diversos herbicidas por uma única molécula (Shaner, 2000).

O aumento do uso do glyphosate para controle de plantas daninhas na soja transgênica conduziu à seleção de biótipos resistentes, como, por exemplo, buva (*Conyza bonariensis*) (Vargas et al., 2007). O desenvolvimento de estratégias efetivas para o manejo de plantas daninhas resistentes requer entendimento da dinâmica populacional e o potencial impacto dos biótipos resistentes no ambiente (Shrestha et al., 2010). A resistência de plantas daninhas pode conferir aos biótipos menor habilidade competitiva, por promover alterações no metabolismo, nos mecanismos de defesa, no desenvolvimento ou na reprodução (Vila-Aiub et al., 2009). Estudos de habilidade competitiva de biótipos resistentes e suscetíveis são importantes e podem fornecer informações para o manejo desses biótipos.

Experimentos de série de substituição têm sido utilizados para determinar as interações de competitividade entre culturas e plantas daninhas, o que permite avaliar competição inter e intraespecífica (Radosevich, 1987). Em estudos de competição, os parâmetros utilizados para mensurar os efeitos da competição são, normalmente, variáveis morfológicas das plantas; contudo, poucos são os trabalhos relacionados aos estresses fisiológicos e ao metabolismo secundário das plantas envolvidas na competição.

O conhecimento das características de biótipos resistentes e suscetíveis é importante para determinar se há algum efeito, tendo relacionado à resistência quanto ao desenvolvimento e habilidades em competir com culturas. Biótipos de *Conyza canadensis* resistentes a glyphosate foram mais competitivos que biótipos suscetíveis quando cresceram em altas populações e sob estresse hídrico (Shrestha et al., 2010).

Além de modificações na morfologia das plantas, a competição pode gerar estresse oxidativo, que é danoso a células, assim como observado para herbicidas, herbivoria, luz UV, ataque de patógenos e metais (Wojtaszek, 1997; Kruse et al., 2006). Espécies reativas de oxigênio são conhecidas causadoras de danos por indução da peroxidação lipídica e podem provocar danos a DNA, proteínas e clorofilas (Mittova et al., 2000). Ainda, a competição pode alterar a produção de compostos fenólicos produzidos pelas plantas. Uma importante característica desses compostos é a capacidade antioxidante, capaz de inibir a peroxidação lipídica, por capturar radicais lipídicos reativos (Michalak, 2006).

As hipóteses deste trabalho foram de que os biótipos de buva possuem menor habilidade competitiva em relação à cultura da soja e que o biótipo resistente ao herbicida glyphosate apresenta menor habilidade competitiva, comparado com o biótipo suscetível, em concorrência com a cultura da soja. Os objetivos deste estudo foram avaliar a habilidade competitiva de biótipos de buva (*Conyza bonariensis*) resistente e suscetível ao herbicida glyphosate com a cultura da soja e identificar as alterações no metabolismo secundário e os danos celulares em função da competição.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos em casa de vegetação nos anos de 2010 e 2011. O primeiro foi conduzido em série aditiva, para determinar a população de plantas a partir da qual a massa seca total (MS) por unidade de área torna-se independente da população (Radosevich et al., 1997). Os experimentos foram conduzidos em vasos plásticos com capacidade de oito litros, em delineamento experimental completamente casualizado com quatro repetições. As populações de soja e buva testadas foram de 2, 4, 8, 16 e 32 plantas por vaso (equivalente a 52, 105, 210, 420 e 841 plantas por m²). As sementes de buva foram postas a germinar em potes plásticos e, quando apresentaram quatro folhas, foram transplantadas definitivamente nas unidades experimentais, enquanto as sementes de soja foram postas a germinar diretamente nas unidades experimentais. A variável massa seca (MS) da soja foi analisada aos 43 dias após

a emergência (DAE), pela pesagem do material seco em estufa, com temperatura de 60 °C até atingir peso constante.

O segundo experimento foi conduzido em série de substituição e testou a habilidade competitiva de biótipos de buva resistente e suscetível a glyphosate com a cultura da soja (cultivar CD 226 RR), nas proporções (%) de plantas de 100:0 (monocultivo de soja), 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100 (monocultivo de buva). As variáveis avaliadas foram estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca (MS) de soja e de buva. A estatura de plantas foi obtida pela mensuração entre a distância da base da planta até a extremidade da última folha totalmente desenvolvida. A AF foi obtida com auxílio de medidor de área foliar, modelo LI3100. A MS foi obtida pela pesagem de toda a parte aérea das plantas após secagem em estufa com circulação de ar a 60 °C até atingir peso constante (aproximadamente 72 horas).

O terceiro experimento testou os efeitos da interferência de soja (cultivar CD 226 RR) com buva resistente e suscetível ao glyphosate nas proporções (%) de 100:0 (monocultivo de soja), 50:50 e 0:100 (monocultivo de buva), tendo sido avaliadas as variáveis fenóis totais, peroxidação lipídica e extravasamento eletrolítico.

Para extração de fenóis totais, pesaram-se 2 g de amostra triturada, a qual foi diluída em 20 mL de metanol e colocada em banho-maria a 25 °C, durante três horas. Após esse período, a amostra foi filtrada com algodão para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com metanol. Para a etapa de quantificação dos fenóis, foi retirado 1 mL do extrato obtido e adicionados 10 mL de água ultrapura e 0,5 mL de Folin-Ciocalteu 2N, deixando-se reagir por três minutos; posteriormente, foi adicionado 1,5 mL de Na₂CO₃ 20% (m/v), permanecendo no escuro por mais duas horas. Realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Ultrospec 2000 UV/Visível) no comprimento de onda de 765 nm. Foi elaborada a curva-padrão com o ácido gálico, e os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (mg GAE) por grama de massa fresca (MF).

A peroxidação lipídica foi determinada utilizando-se 0,2 g de folhas, macerado, em

nitrogênio líquido e homogeneizado em ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e, posteriormente, centrifugado a 7.830 rpm por 20 min. Alíquotas de 0,5 mL do sobrenadante foram adicionadas a 1,5 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) em ácido tricloroacético 10% (m/v) e incubadas a 90 °C por 20 minutos. A reação foi paralisada em banho de gelo por 10 minutos. A absorbância foi lida a 532 nm, descontando-se a absorbância inespecífica a 600 nm. A concentração de malondialdeído (MDA) foi calculada utilizando-se o coeficiente de absorvidade de 155 mM⁻¹ cm⁻¹, e os resultados foram expressos em nM MDA g⁻¹ de massa fresca.

O extravasamento eletrolítico foi determinado utilizando-se 0,2 g de amostra, triturada e lavada com água ultrapura, para retirada do conteúdo das células rompidas durante o corte e de outros eletrólitos aderidos às folhas. Após esse procedimento, as amostras foram colocadas em 50 mL de água ultrapura e por seis horas em banho-maria a 25 °C. Decorrido esse tempo, a condutância inicial (Ci) foi obtida utilizando-se condutivímetro (Lutron, CD-4301). Posteriormente a essa leitura, as amostras foram colocadas em estufa a 90 °C por duas horas e fez-se a segunda leitura (Cf). O extravasamento de eletrólitos foi calculado pela relação Ci/(Ci+Cf) x 100, e o resultado, expresso em porcentagem.

Para a análise das variáveis, utilizou-se o método da análise gráfica da produtividade relativa, por meio de diagrama com base na produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT), nas proporções de plantas de 0, 25, 50, 75 e 100% da soja e da buva. Nesses diagramas, os resultados obtidos são comparados com os valores da reta hipotética, a qual une os pontos em estande zero (0:100) e estande puro (100:0) do diagrama, que representa a ausência de interferência entre plantas. Quando a PR resultar em linha côncava, significa que ocorre prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as plantas e, se a linha apresentada pela PR for convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Para a PRT, se o valor for igual a 1 (linha reta), ocorre competição pelos mesmos recursos; se o valor for maior que 1 (linha convexa), a competição é evitada; e, se o valor for menor que 1 (linha côncava), ocorre competição.



Foram calculados os índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e de agressividade (A) na proporção de 50% entre as plantas. A CR representa o crescimento comparativo da cultura em relação à planta daninha; K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual espécie se manifesta mais competitiva (Cousens, 1991). Os cálculos foram realizados por meio de equações: $CR = PR_s / PR_b$; $K_s = PR_s / (1 - PR_s)$; $K_b = PR_b / (1 - PR_b)$; e $A = PR_s - PR_b$, em que “s” e “b” são soja e buva, respectivamente.

Para a análise estatística, foram calculadas as diferenças para os valores de PR, obtidos nas proporções, em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções. O teste t ($p < 0,05$) foi usado para avaliar as diferenças nos índices estudados em relação à reta hipotética. O critério para considerar as curvas de PR e PRT diferentes das retas hipotéticas foi que, no mínimo em duas proporções, ocorresse diferença significativa pelo teste t; o mesmo critério se aplicou para os índices CR, K e A. Os dados obtidos para EST, AF e MS das plantas de soja e buva foram submetidos à ANOVA, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro, considerando as monoculturas como testemunhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção final constante da MS foi obtida com a população de 8 e 16 plantas por vaso, equivalente a 236 e 395 plantas por m^2 de soja e buva, respectivamente. A população considerada como produção final constante foi de 12 plantas por vaso, equivalente a 315 plantas m^2 .

A análise gráfica, referente às variáveis EST, AF e MS para soja competindo com biótipos de buva resistentes e suscetíveis ao herbicida glyphosate, demonstrou que a soja possui menor habilidade competitiva que ambos os biótipos de buva (Tabela 1 e Figura 1).

A PR da soja para as variáveis EST, AF e MST foi representada por linhas côncavas, indicando que ocorreu perda da produtividade da soja tanto na competição com o biótipo resistente quanto com o suscetível (Figura 1).

As diferenças entre as linhas observadas e as esperadas foram significativas para as três variáveis da soja em competição com biótipo suscetível; no entanto, para a competição da soja com o biótipo resistente, a variável MST da cultura não diferiu das retas esperadas, indicando que o biótipo resistente não altera a MST da soja (Tabela 1).

A linha que indica a resposta de EST para os biótipos de buva não apresenta diferenças significativas; no entanto, somente a convivência com buva resistente apresentou pelo menos duas proporções com diferenças significativas (Tabela 1). A resposta da AF da planta daninha demonstrou que esta se beneficiou da presença da cultura (Figura 1). Para a variável MS, a PR dos biótipos de buva foi representada por linhas convexas, indicando benefício da presença das plantas de soja para seu crescimento (Figura 1).

A linha côncava da PRT, para EST, indica que ocorreu prejuízo mútuo ao crescimento, mostrando que a competição entre as duas espécies (soja e buva) foi pelos mesmos recursos do meio (Figura 1), embora houvesse diferença somente para a convivência da cultura com o biótipo de buva resistente (Tabela 1). A PRT não demonstrou diferenças para AF da competição da soja com ambos os biótipos de buva, apresentando valores próximos a 1, sugerindo que a soja e os biótipos de buva competem pelos mesmos recursos do meio. Já a PRT para a variável MS apresentou diferença somente para o biótipo suscetível. Na cultura da soja, a estatura e a área foliar de plantas constituem características morfológicas importantes, pois plantas de maior porte apresentam maior habilidade competitiva (Bianchi et al., 2006a; Fleck et al., 2007).

O somatório da MS da soja e da buva foi superior ao esperado, indicando que as espécies em mistura produzem mais do que nos monocultivos, embora somente a PRT da combinação de soja e buva suscetível tenha apresentado diferenças (Tabela 1). Na combinação de soja com os dois biótipos de buva, obteve-se, em geral, maior incremento numérico na PRT quando as proporções de plantas foram iguais (Figura 1). Ainda, o biótipo suscetível se beneficia mais quando na presença da soja, comparado ao biótipo resistente. As diferenças relativas na competição de soja com os biótipos

Tabela 1 - Diferenças de produtividade relativa (DPR) e de produtividade relativa total (PRT) das variáveis estatura, área foliar e massa seca da parte aérea de soja e biótipos de buva resistente e suscetível ao herbicida glyphosate

Variável	Proporção de plantas (soja:buva)		
	75:25	50:50	25:75
Estatura			
DPR Soja	-0,19 (0,04)*	-0,16 (0,05)*	-0,09 (0,01)*
DPR Resistente	0,04 (0,01)*	0,005 (0,06) ^{ns}	0,02 (0,06) ^{ns}
PRT	0,85 (0,04)*	0,84 (0,05)*	0,93 (0,05) ^{ns}
DPR Soja	-0,17 (0,03)*	-0,19 (0,03)*	-0,10 (0,02)*
DPR Suscetível	0,03 (0,02) ^{ns}	0,06 (0,05) ^{ns}	0,05 (0,06) ^{ns}
PRT	0,86 (0,04)*	0,87 (0,07) ^{ns}	0,95 (0,06) ^{ns}
Área foliar			
DPR Soja	-0,28 (0,04)*	-0,14 (0,05) ^{ns}	-0,07 (0,01)*
DPR Resistente	0,34 (0,04)*	0,26 (0,02)*	0,16 (0,07)*
PRT	1,06 (0,03) ^{ns}	1,12 (0,05) ^{ns}	1,10 (0,06) ^{ns}
DPR Soja	-0,15 (0,04)*	-0,21 (0,03)*	-0,10 (0,02)*
DPR Suscetível	0,25 (0,03)*	0,36 (0,08)*	0,11 (0,12) ^{ns}
PRT	1,09 (0,02)*	1,15 (0,06) ^{ns}	1,01 (0,10) ^{ns}
Massa seca			
DPR Soja	-0,24 (0,06)*	-0,07 (0,07) ^{ns}	-0,02 (0,02) ^{ns}
DPR Resistente	0,34 (0,07)*	0,24 (0,02)*	0,08 (0,10) ^{ns}
PRT	1,09 (0,09) ^{ns}	1,16 (0,05)*	1,01 (0,08) ^{ns}
DPR Soja	-0,15 (0,03)*	-0,18 (0,02)*	-0,08 (0,02)*
DPR Suscetível	0,37 (0,07)*	0,64 (0,03)*	0,47 (0,01)*
PRT	1,22 (0,05)*	1,46 (0,02)*	1,39 (0,04)*

* ou ^{ns} diferença significativa ou não significativa, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam erro-padrão.

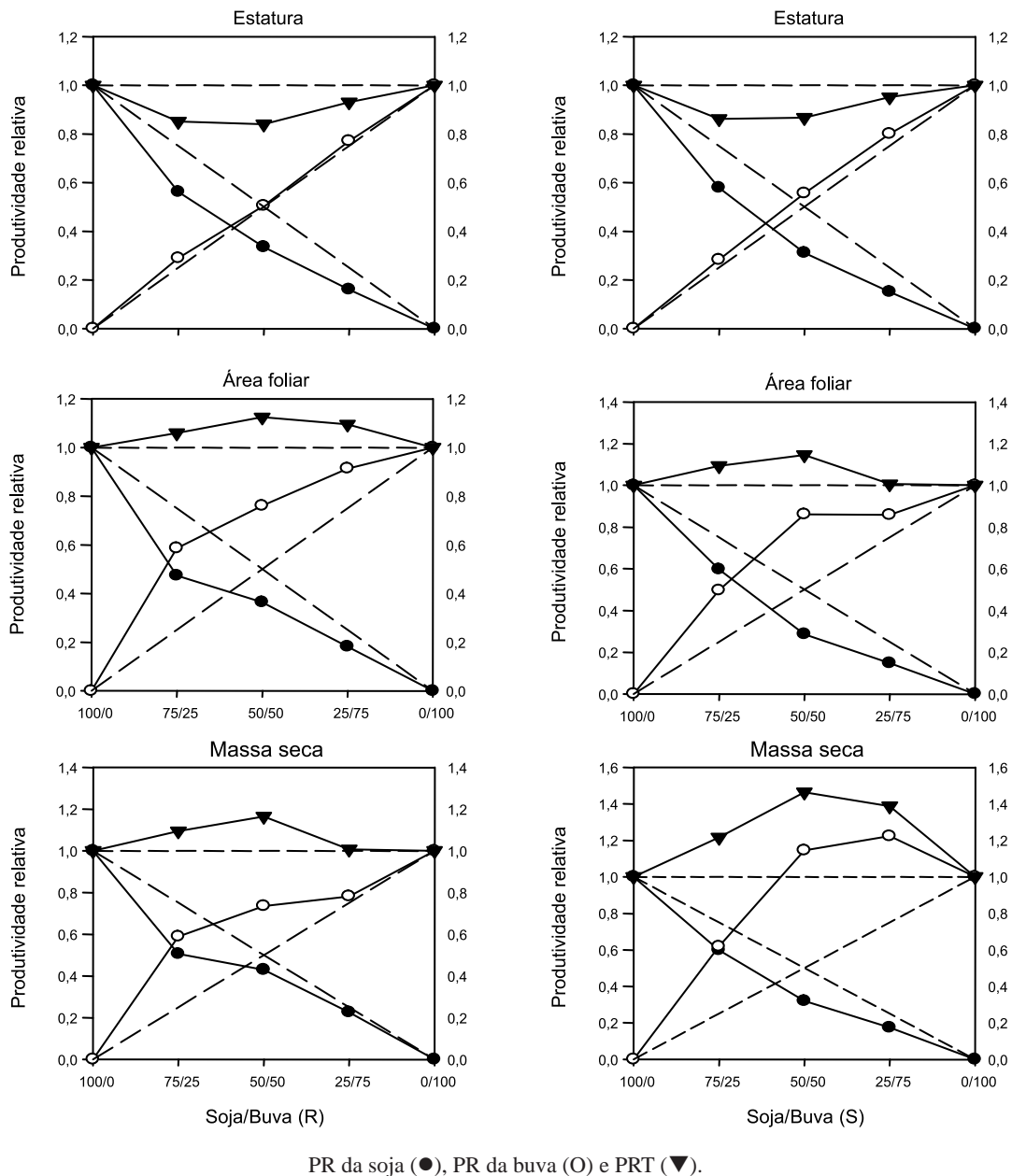
de buva, considerando a média das variáveis avaliadas, indicam que estes biótipos causam similar dano à cultura. Resultados indicam haver habilidade competitiva equivalente entre os biótipos de *Bidens subalternans* resistentes e suscetíveis a herbicidas inibidores de ALS (Lamego et al., 2011); os mesmos resultados foram observados por Dal Magro et al. (2011) para biótipos de *Cyperus difformis* resistentes e suscetíveis aos herbicidas inibidores da ALS. Já a competitividade entre biótipos de *Conyza canadensis* demonstrou que as plantas resistentes obtiveram vantagem competitiva sobre o biótipo suscetível (Shrestha et al., 2010).

Os índices CR, K e A apontam a espécie mais competitiva, e a interpretação conjunta desses valores indica com maior segurança a competitividade das espécies envolvidas (Cousens, 1991). A espécie soja é mais competitiva que os biótipos de buva quando $CR > 1$, $K_{soja} > K_{buva}$ e $A > 0$, e os biótipos de buva são

mais competitivos que a soja quando $CR < 1$, $K_{soja} < K_{buva}$ e $A < 0$. Considerando diferenças na competitividade quando pelo menos dois índices apresentam diferenças (Bianchi et al., 2006b), verificou-se que os biótipos de buva resistente e suscetível mostraram-se mais competitivos que a cultura da soja para a MS em todos os índices (Tabela 2). Resultado semelhante foi observado para AF, quando a soja competiu com buva resistente, e para a variável EST, na competição entre o biótipo suscetível e soja. Assim, se forem consideradas as médias das variáveis, novamente verificou-se que os biótipos de buva possuem competitividade equivalente.

Experimentos substitutivos demonstram que a cultura, geralmente, é mais competitiva do que a espécie daninha, sob níveis adequados de recursos, porque o efeito das infestantes não se deve somente à maior habilidade competitiva individual, mas ao seu grau de infestação (Vilà et al., 2004). Contudo, nas





As linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Figura 1 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura, área foliar e massa seca de soja e buva resistente (R) e suscetível (S) ao herbicida glyphosate.

situações deste experimento, verificou-se que a planta daninha teve maior habilidade competitiva comparada à cultura da soja. Resultado semelhante foi encontrado por Rizzard et al. (2004), para os quais, quando a cultura da soja está em competição com plantas daninhas magnoliopsidas, a cultura é mais prejudicada.

A convivência da soja com os biótipos de buva evidenciou que a competição interespecífica foi mais importante, pois, em geral, todas as variáveis analisadas da soja foram reduzidas com o incremento da população da planta daninha (Tabela 3). Por outro lado, a convivência dos biótipos de buva com a cultura

Tabela 2 - Índices de competitividade entre soja e buva, expressos em competitividade relativa e coeficientes de agrupamento e de agressividade

Condição de competição	Competitividade relativa (CR)	Coeficientes de agrupamento (k)		Agressividade (A)
		K (soja)	K (buva)	
Estatura				
Soja vs Resistente	0,71 (0,14) ^{ns}	0,51 (0,05)*	1,08 (0,19)	-0,17 (0,07) ^{ns}
Soja vs Suscetível	0,56 (0,02)*	0,46 (0,05)*	1,32 (0,24)	-0,24 (0,03)*
Área foliar				
Soja vs Resistente	0,48 (0,07)*	0,60 (0,12)*	3,30 (0,05)	-0,40 (0,06)*
Soja vs Suscetível	0,35 (0,06) ^{ns}	0,40 (0,05) ^{ns}	0,99 (0,03)	-0,57 (0,10)*
Massa seca				
Soja vs Resistente	0,59 (0,11)*	0,85 (0,26)*	2,84 (0,27)	-0,31 (0,09)*
Soja vs Suscetível	0,28 (0,03)*	0,47 (0,05)*	8,71 (1,22)	-0,82 (0,05)*

* ou ^{ns} diferença significativa ou não significativa, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses indicam erro-padrão da média.

Tabela 3 - Resposta do cultivar de soja CD 226 RR em competição com biótipos de buva resistente e suscetível ao herbicida glyphosate

Proporção de plantas (Soja:Buva)	Estatura (cm)	Área foliar (cm ² por planta)	Massa seca (mg por planta)
Soja vs biótipo resistente			
100:0 (T)	42,8	246,8	1.500 ^{NS}
75:25	32,0*	167,0*	990
50:50	28,7*	179,6*	1.223
25:75	27,4*	179,4*	1.180
Soja vs biótipo suscetível			
100:0 (T)	42,8	246,8	1.500
75:25	33,0 ^{ns}	196,4 ^{ns}	1.170 ^{ns}
50:50	26,7*	141,2*	908*
25:75	25,8*	146,2*	912*
Biótipo resistente			
0:100 (T)	45,5 ^{NS}	51,3	710
25:75	46,7	62,9 ^{ns}	730 ^{ns}
50:50	45,9	78,6*	826 ^{ns}
75:25	52,7	121,0*	1.469*
Biótipo suscetível			
0:100 (T)	39,9 ^{NS}	51,0	588
25:75	42,6	58,3 ^{ns}	822 ^{ns}
50:50	43,0	87,7*	1.275*
75:25	45,1	101,2*	1.457*

^{NS} Não apresentou significância estatística; * ou ^{ns} significativo ou não significativo, respectivamente, comparando-se com a testemunha (T) pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$).

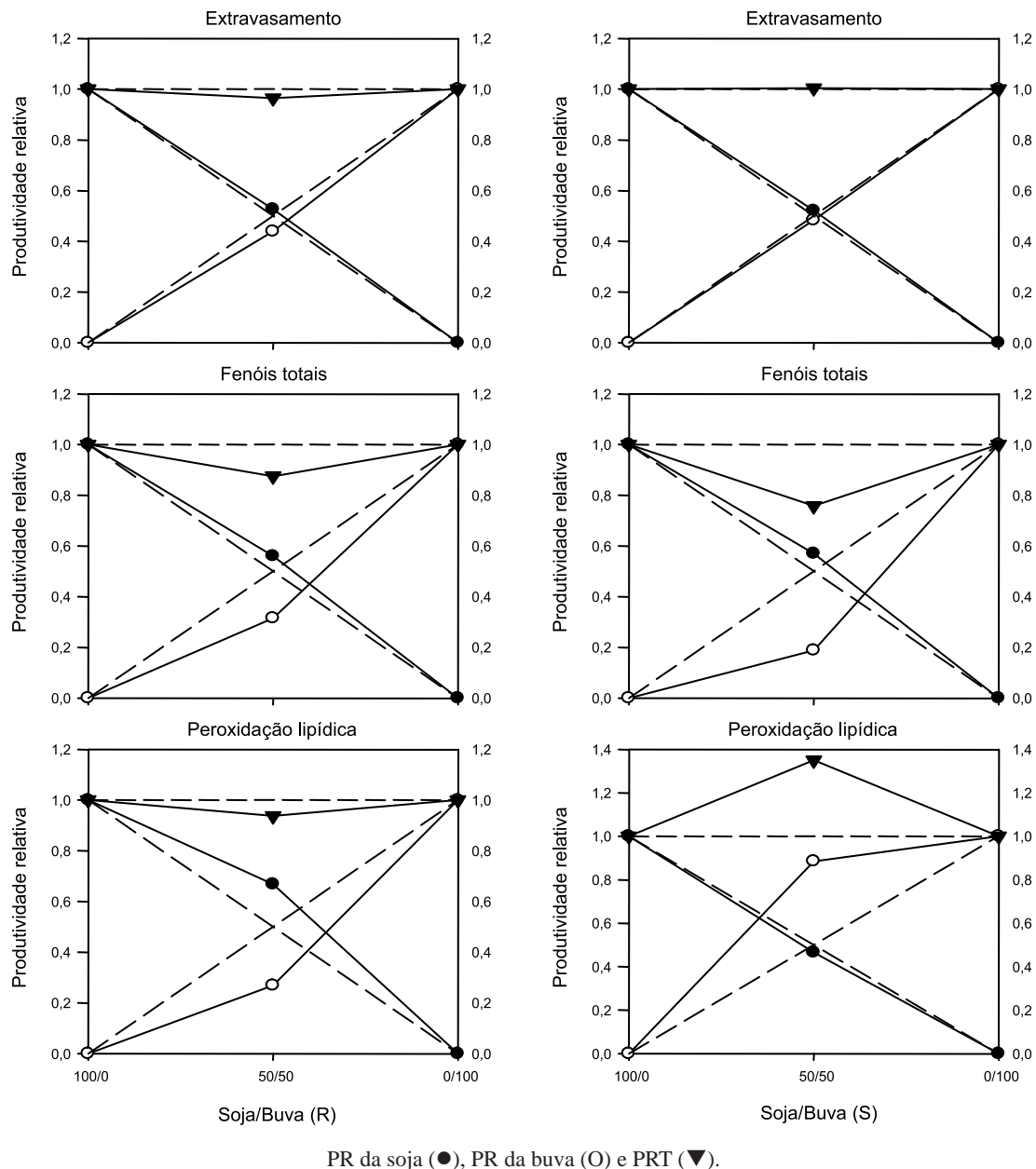
da soja indicou haver benefício para a planta daninha, especialmente quando esta se encontrava em menor ou igual proporção. O benefício observado para os biótipos de buva na maior

proporção da soja indica que a competição intraespecífica é mais importante para a planta daninha que a competição interespecífica, uma vez que os biótipos de buva competem mais pelos recursos do meio com plantas da mesma espécie do que com espécies diferentes. Em campo, independentemente do biótipo de buva que esteja infestando a cultura da soja, ambos prejudicarão o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Para o terceiro experimento, as análises gráficas referentes a compostos fenólicos totais, extravasamento eletrolítico e peroxidação lipídica extraídos das folhas de soja e dos biótipos de buva demonstram que a soja, em competição com o biótipo resistente, apresentou maior peroxidação lipídica que o esperado, ao passo que os desvios para fenóis totais e extravasamento eletrolítico não foram significativos (Figura 2 e Tabela 4). Já a resposta da soja em competição com o biótipo suscetível evidenciou que a cultura não sofre efeitos da competição.

O biótipo resistente apresentou redução nos fenóis totais, extravasamento eletrolítico e peroxidação, indicando que a competição com a soja não causa estresse à planta daninha (Figura 2 e Tabela 4). Contudo, os efeitos observados para o biótipo suscetível indicam redução nos fenóis totais e aumento na peroxidação lipídica. A PRT da soja e dos biótipos de buva para a variável fenóis foi menor que o esperado, enquanto, para extravasamento





As linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Figura 2 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para extravasamento eletrolítico, fenóis totais e peroxidação lipídica em plantas de soja e biótipos de buva resistente (R) e suscetível (S) ao herbicida glyphosate.

eletrolítico e peroxidação lipídica, não houve alterações.

Os fenóis são produtos do metabolismo secundário das plantas e servem como mecanismos de defesa, evidenciando que a cultura ativou mecanismos de defesa, quando em

associação com planta daninha. O teor de fenóis totais em plantas é reportado como substâncias responsáveis por atividades alelopáticas (Duringan & Almeida, 1993), uma vez que as plantas possuem a capacidade de interação quando em condição de estresse por competição e tendem a liberar os compostos

no ambiente, a fim de sinalizar a presença ou inibir o crescimento de plantas vizinhas (Baldwin et al., 2006).

A peroxidação lipídica é indicativo de estresse oxidativo, em que a competição entre as espécies induz maior quantidade de radicais livres que desencadeiam o processo de peroxidação das membranas das células (Kruse et al., 2006). Entre os efeitos capazes de gerar estresse oxidativo, podem ser relacionados a competição por luz e nutrientes e compostos alelopáticos, os quais são capazes de gerar espécies de oxigênio reativas, que são os precursores do dano oxidativo nas células das plantas (Almeida et al., 2008). Os efeitos de danos celulares, por meio da peroxidação lipídica, na competição entre arroz e capim-

arroz indicaram que a competição intraespecífica causa maiores danos, comparada com a competição com capim-arroz (Langaro et al., 2011).

Compostos fenólicos e extravasamento eletrolítico, para todos os índices (CR, K e A), apresentaram maior produção pela cultura em competição com os biótipos de buva, indicando que a soja sofreu os efeitos da competição (Tabela 5). Já para peroxidação lipídica, observaram-se efeitos na soja em competição com o biótipo resistente, ao passo que os índices não foram significativos para a competição com o biótipo suscetível. Os resultados em conjunto indicam que a cultura sofre alterações no seu metabolismo em função da competição com ambos os biótipos de buva.

Tabela 4 - Diferenças de produtividade relativa (DPR) e de produtividade relativa total (PRT) dos fenóis totais, extravasamento eletrolítico e peroxidação lipídica (MDA) de soja e biótipos de buva resistente e suscetível ao herbicida glyphosate

Variável	Proporção de plantas 50:50 (soja:buva)		
	Fenóis totais	Extravasamento eletrolítico	Peroxidação lipídica
Soja:buva resistente			
DPR Soja	0,06 (0,02) ^{ns}	0,03 (0,01) ^{ns}	0,17 (0,02)*
DPR Resistente	-0,18 (0,01)*	-0,06 (0,01)*	-0,23 (0,02)*
PRT	0,88 (0,02)*	0,97 (0,03) ^{ns}	0,94 (0,02) ^{ns}
Soja:buva suscetível			
DPR Soja	0,07 (0,03) ^{ns}	0,02 (<0,01) ^{ns}	-0,03 (0,10) ^{ns}
DPR Suscetível	-0,31 (<0,01)*	-0,02 (<0,01) ^{ns}	0,31 (0,04)*
PRT	0,76 (0,04)*	1,00 (0,01) ^{ns}	1,27 (0,13) ^{ns}

* ou ^{ns} diferenças significativas ou não significativas, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses indicam erro-padrão da média.

Tabela 5 - Índices de competitividade entre soja e buva, expressos em competitividade relativa e coeficientes de agrupamento e de agressividade

Condição de competição	Competitividade relativa (CR)	Coeficientes de agrupamento (k)		Agressividade (A)
		K (soja)	K (buva)	
Fenóis totais				
Soja vs Resistente	1,79 (0,11)*	1,28 (0,11)*	0,46 (0,03)	0,25 (0,03)*
Soja vs Suscetível	3,03 (0,11)*	1,35 (0,16)*	0,23 (0,01)	0,38 (0,03)*
Extravasamento				
Soja vs Resistente	1,20 (0,01)*	1,11 (0,06)*	0,78 (0,07)	0,09 (0,01)*
Soja vs Suscetível	1,08 (0,01)*	1,09 (0,01)*	0,94 (0,01)	0,04 (0,01)*
Peroxidação lipídica				
Soja vs Resistente	2,52 (0,21)*	2,01(0,01)*	0,37 (0,04)	0,40 (0,02) ^{ns}
Soja vs Suscetível	0,58 (0,14) ^{ns}	1,06 (0,49) ^{ns}	4,77 (1,44)	-0,34 (0,12) ^{ns}

* ou ^{ns} diferenças significativa ou não significativa, respectivamente, pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses indicam erro-padrão da média.



A síntese de compostos fenólicos pelas plantas é resposta a injúrias físicas, infecção por patógenos, temperatura, entre outros efeitos (Rivero et al., 2001). A competição de arroz cultivado com arroz-vermelho indicou que a planta daninha obteve maior suporte para competir com a cultura, por ter desencadeado no seu metabolismo secundário maior produção de compostos fenólicos frente ao estresse, como forma de defesa (Langaro et al., 2011). O extravasamento tem sido utilizado para verificar injúrias ocasionadas por herbicidas, em consequência direta do dano nas membranas celulares em função do aumento da peroxidação lipídica (Kruse et al., 2006); contudo, pode apresentar importante parâmetro para determinação de danos às células de plantas em condições de competição.

Os resultados indicam que o cultivar de soja CD 226 RR possui menor habilidade competitiva do que os biótipos de buva resistente e suscetível ao herbicida glyphosate, enquanto os biótipos de buva possuem similar capacidade em competir com a cultura. A competição interespecífica causa maiores danos à cultura da soja, e a competição intraespecífica é mais prejudicial aos biótipos de buva. A interferência de buva suscetível causou redução em todas as variáveis morfológicas da soja, ao passo que na competição com buva resistente apenas a MS da soja não foi alterada. A cultura sofre alterações no metabolismo secundário, aumentando os fenóis totais, extravasamento eletrolítico na competição com ambos os biótipos e peroxidação apenas na competição com biótipo suscetível.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, G. D. et al. Estresse oxidativo em células vegetais mediante aleloquímicos. **R. Fac. Nac. Agron.**, v. 61, n. 1, p. 4237-4247, 2008.
- BALDWIN, I. T. et al. Volatile signaling in plant-plant interactions: "talking trees" in the genomics era. **Science**, v. 311, n. 5762, p. 812-815, 2006.
- BIANCHI, M. A. et al. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 623-632, 2006a.
- BIANCHI, M. A. et al. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ci. Rural**, v. 36, n. 5, p. 1380-1387, 2006b.
- COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technol.**, v. 5, n. 3, p. 664-673, 1991.
- DAL MAGRO, T. et al. Habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus difformis* L. resistente ou suscetível a herbicidas inibidores de ALS e destes com arroz irrigado. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 294-301, 2011.
- DURINGAN, J. C.; ALMEIDA, F. L. S. **Noções sobre alelopatia**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.
- FLECK, N. G. et al. Resposta de cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Sci. Agric.**, v. 8, n. 3, p. 213-218, 2007.
- KRUSE, N. D. et al. Estresse oxidativo em girassol (*Helianthus annuus*) indica sinergismo para as misturas dos herbicidas metribuzin e clomazone. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 379-390, 2006.
- LAMEGO, F. P. et al. Competitiveness of ALS inhibitors resistant and susceptible biotypes of Greater Begarticks (*Bidens subalternans*). **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 457-464, 2011.
- LANGARO, A. C. et al. Danos celulares em plantas de arroz e capim-arroz cultivadas sob condições de competição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ARROZ IRRIGADO, 7., 2011, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: 2011. p. 423-426.
- MICHALAK, A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. **Polish J. Environ. Stud.**, v. 15, n. 4, p. 523-530, 2006.
- MITTOVA, V. et al. Activities of SOD and the ascorbate-glutathione cycle enzymes in sub cellular compartments in leaves and roots of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. **Physiol. Plant.**, v. 110, n. 1, p. 42-51, 2000.
- RADOSEVICH, S. R. et al. **Weed ecology: implications for management**. 2.ed. New York: Willey, 1997. 589 p. (Cap. 6: Physiological aspects of competition)
- RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technol.**, v. 1, n. 3, p. 190-198, 1987.
- RIVERO, R. M. et al. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. **Plant Sci.**, v. 160, n. 6, p. 315-321, 2001.
- RIZZARDI, M. A. et al. Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura de soja. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 29-34, 2004.



SHANER, D. Impact of glyphosate-tolerant crops on the use of others herbicides and on resistance management. **Pestic. Sci.**, v. 56, n. 4, p. 320-326, 2000.

SHRESTHA, A. et al. Growth, phenology, and intraspecific competition between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible horseweeds (*Conyza canadensis*) in the San Joaquin Valley of California. **Weed Sci.**, v. 58, n. 2, p. 147-153, 2010.

VARGAS, L. et al. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 573-578, 2007.

VILÀ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biol. Invas.**, v. 6, n. 1, p. 59-69, 2004.

VILA-AIUB, M. M.; NEVE, P.; POWLES, S. B. Fitness costs associated with evolved herbicide resistance alleles in plants. **New Phytol.**, v. 184, n. 4, p. 751-767, 2009.

WOJTASZEK, P. Oxidative burst: an early plant response to pathogen infection. **Biochem. J.**, v. 322, n. 3, p. 681-692, 1997.

