

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS
APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM SOJA
CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA**

Maria José Pinheiro Corrêa

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabíola Vitti Môro

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

Fevereiro de 2009

C824e Corrêa, Maria José Pinheiro
Eficácia e seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em soja convencional e transgênica / Maria José Pinheiro Corrêa. -- Jaboticabal, 2009
xi, 87 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009
Orientador: Pedro Luís da Costa Aguiar Alves
Banca examinadora: Dagoberto Martins, Maria Aparecida Pessoa da Cruz Centurion, Ricardo Victoria Filho, Núbia Maria Correia
Bibliografia

1. Soja. 2. Herbicidas. 3. Seletividade. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.954:633.34

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – Unesp, Campus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARIA JOSÉ PINHEIRO CORRÊA – nasceu no dia 03 de janeiro de 1966, na cidade de Matinha – MA. É engenheira agrônoma, formada pela Universidade Estadual do Maranhão, 1989. Em 1991, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia na Universidade Federal do Ceará, concluindo-o em 1994. Em 1992, paralelamente ao curso de mestrado, participou do Curso de Especialização em Botânica, ministrado na mesma universidade. Em 1995 foi aprovada no processo seletivo simplificado para professor substituto do Departamento de Química e Biologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) onde ministrou as disciplinas Botânica Geral e Morfologia e Anatomia Vegetal. Em novembro de 1999, foi aprovada no concurso público para professor assistente do Departamento de Química e Biologia para ministrar a disciplina Morfologia e Anatomia Vegetal. Participou do XXXVII Curso Internacional de Edafologia y Biología Vegetal em Granada – Espanha, de janeiro a julho de 2000. Em fevereiro de 2001 foi nomeada ao cargo de professor assistente do Departamento de Química e Biologia da UEMA. Em janeiro de 2004, assumiu o cargo de chefe de divisão de cursos de Pós-Graduação da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UEMA. Em março de 2005, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal na Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal.

À minha querida mãe Maria José

pelo apoio, compreensão, confiança e amor;

Ao meu querido pai João Corrêa (*in memoriam*)

que ficaria feliz por mais esta etapa de minha vida;

Aos meus irmãos, irmãs, sobrinhos e sobrinhas, pelo carinho

DEDICO

Ao meu marido Ronald

pelo seu amor, dedicação,

companheirismo, apoio e incentivo

em todos os momentos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar comigo em todos os momentos e iluminar meus caminhos.

Ao Prof. Dr. Pedro Luís da Costa Aguiar Alves pela orientação, dedicação, atenção, amizade e paciência durante estes anos.

À Profa. Dra. Fabíola Vitti Môro, pela co-orientação nos trabalhos de morfologia vegetal.

À Banca examinadora do exame de qualificação, Profs. Drs. Maria Aparecida Pessoa da Cruz Centurion, Núbia Maria Correia, Maria do Carmo D. M. Pavani e Silvano Bianco pelas críticas e sugestões que permitiram o aprimoramento do trabalho e preparação para a defesa da tese.

Aos membros da banca examinadora: Prof. Dr. Dagoberto Martins, Profa. Dra. Maria Aparecida Pessoa da Cruz Centurion, Prof. Dr. Ricardo Victória Filho e Profa. Dra. Núbia Maria Correia, pela valiosa contribuição com suas sugestões.

À bibliotecária Tiêko pelas correções das referências bibliográficas.

Aos funcionários do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, em especial José Valcir Fidelis Martins pelo auxílio nas avaliações de campo e Roseli pelo apoio na preparação das lâminas histológicas no Laboratório de Morfologia Vegetal – FCAV/UNESP

Aos colegas do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, Mariluce, Michele, Mariana, Niltinho, Gleibson, Leonardo, pelo auxílio em diversos momentos e principalmente pelo convívio amigável.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção que muito contribuíram na condução do experimento.

Ao meu marido Ronald pelo apoio nas avaliações de campo.

À amiga Maria Rosangela Malheiros Silva pelo incentivo para a realização do doutorado, pelo companheirismo e, principalmente, pela sua amizade.

À minha sogra Aura Lila pelos momentos de convivência e por estar sempre disposta a ajudar.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, pela oportunidade do aprendizado e do convívio com tantas pessoas.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pela concessão da bolsa de doutorado.

À minha família, pela paciência, apoio sem restrições, estímulo e por estar sempre ao meu lado, sem os quais nada disto seria possível.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
A cultura da soja.....	1
Herbicidas utilizados.....	3
Tolerância de soja a herbicidas.....	8
Referências.....	12
CAPÍTULO 2 – EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA.....	19
Resumo.....	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	22
Resultados e Discussão.....	25
Precipitação pluvial e Temperatura do ar durante os anos de estudo	25
Fitotoxicidade.....	27
Componentes de Produção e Produtividade da Cultura.....	30
Controle da comunidade infestante	37
Conclusões.....	43
Referências.....	43
CAPÍTULO 3 – ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA EM SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA APÓS APLICAÇÃO DE HERBICIDAS.....	48
Resumo.....	48
Introdução.....	49
Material e Métodos.....	51
Resultados e Discussão.....	54

Conclusões.....	62
Referências.....	62
CAPÍTULO 4 – ALTERAÇÕES MORFO-ANATÔMICAS EM FOLHAS DE SOJA APÓS APLICAÇÃO DE HERBICIDAS.....	
Resumo.....	66
Introdução.....	67
Material e Métodos.....	69
Resultados e Discussão.....	72
Morfologia Externa e Interna	72
Caracterização da Epiderme Foliar	74
Conclusões.....	82
Referências.....	83
ANEXO	86

EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA

RESUMO – O presente estudo teve por objetivo avaliar a eficácia e seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência, isolados e em misturas, para o controle de plantas daninhas e os efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento da soja convencional (M-SOY 8001) e transgênica (M-SOY 7908 RR). Também foram estudados os efeitos dos produtos sobre a atividade fotossintética e nas características morfológicas externas e internas das plantas. Foram conduzidos dois experimentos, no ano agrícola 2006/2007 e repetido em 2007/2008, em condições de campo, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos constaram da aplicação de herbicidas isolados e em misturas: lactofen (168 g ha^{-1}), glyphosate (1080 g ha^{-1}), lactofen + chlorimuron-ethyl ($96 + 10 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + bentazon ($10 + 600 \text{ g ha}^{-1}$), glyphosate + imazethapyr ($900 + 70 \text{ g ha}^{-1}$), lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($96 + 10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$) e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl ($96 + 10 + 70 / 60 \text{ g ha}^{-1}$). Além disso, foram mantidas duas testemunhas sem aplicação de herbicida (capinada e mantida infestada). Concluiu-se que os herbicidas utilizados foram seletivos para a soja; exceção dos tratamentos com glyphosate na soja M-SOY 8001. Na condição de baixa infestação de plantas daninhas, os herbicidas aplicados foram eficazes no controle destas. Na área com maior infestação de plantas daninhas, a aplicação de glyphosate isolado ou em mistura com imazethapyr proporcionou melhor controle das plantas infestantes. Quanto a eficiência fotossintética máxima, apenas o cultivar convencional foi suscetível à aplicação dos herbicidas, principalmente às misturas contendo lactofen + chlorimuron-ethyl e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl. Em relação ao teor relativo de clorofila total, as duas cultivares apresentaram suscetibilidade ao lactofen aplicado

isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, imazethapyr e haloxyfop-methyl com redução nos teores de clorofila. A análise das características morfológicas das folhas revelou que nas duas cultivares estudadas os herbicidas lactofen isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, imazethapyr e haloxyfop-methyl causaram alterações morfológicas externas e internas nas folhas onde os produtos foram depositados. As alterações observadas restringiram-se ao sistema dérmico e mesofilo. O glyphosate promoveu alterações morfo-anatômicas nas folhas na cultivar convencional e os danos expressaram-se por clorose, necrose dos tecidos, plasmólise e deformação de células epidérmicas.

Palavras-chave: *Glycine max*, lactofen, sintomatologia, fluorescência e teor de clorofila, características morfológicas

EFFICACY AND SELECTIVITY POSTEMERGENCE HERBICIDES IN CONVENTIONAL AND TRANSGENIC SOYBEAN

SUMMARY - This research was carried out to evaluate the efficiency and selectivity postemergence herbicides applied alone and in mixtures to the weed control and the effects on the growth and the development transgenic (M-SOY 7908 RR) and conventional (M-SOY 8001) soybean. The effects of the products on the photosynthetic activity and the external and internal morphologic characteristics of the plants, also it studied. Two experiments were carried out from 2006/2007 and 2007/2008 under field conditions on Education, Research and Production Farm of UNESP in Jaboticabal, SP, Brazil. A randomized complete block experimental design with four replications was used. Herbicide treatments consisted lactofen (168 g ha^{-1}), glyphosate (1080 g ha^{-1}), lactofen + chlorimuron-ethyl ($96 + 10 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + bentazon ($10 + 600 \text{ g ha}^{-1}$), glyphosate + imazethapyr ($900 \text{ g} + 70 \text{ g ha}^{-1}$), lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($96 + 10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$) and lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxifop-methyl ($96 + 10 + 70 + 60 \text{ g ha}^{-1}$). The tests included two nontreated (no hand weeded and hand weeded). The herbicides were selective for the soybean; exception of the treatments glyphosate applied in the M-SOY 8001 soybean. Under low weed condition, the herbicides applied were effective in the weed control. In the area with larger weed condition, glyphosate applied alone and glyphosate plus imazethapyr caused better control the weeds compared other herbicides. With respect to maximum photosynthetic efficiency response, just conventional soybean was susceptible the herbicides applied, mainly the mixtures containing lactofen + chlorimuron-ethyl and lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxifop-methyl. For total chlorophyll response, the varieties presented susceptibility to the lactofen alone and in mixture with chlorimuron-ethyl, imazethapyr and haloxifop-methyl did reduce total chlorophyll. In the two varieties studied the lactofen alone and in mixture with chlorimuron-ethyl, imazethapyr and haloxifop-methyl caused external and internal

morphological changes in the leaves where it was deposited. The changes was observed limited to the dermal system and mesofilo. The glyphosate caused morfo-anatomical changes in the conventional soybean leaves and to damages were expressed by clorosis, necrosis of the tissues, plasmolysis and collapse epidermal cells.

Keywords: *Glycine max*, lactofen, symptomatology, fluorescency and rate chlorophyll, morphological characteristics

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta anual, herbácea que normalmente atinge altura de 0,75 a 1,25 m, pertencente à família Fabaceae (SANTOS, 2008). Os estádios de desenvolvimento da soja, segundo FEHR & CAVINESS (1977) são divididos em vegetativos (estabelecimento e crescimento) e reprodutivos (florescimento, frutificação e maturação).

Espécie de relevante importância econômica e alimentícia tem como centro de origem o continente asiático, mais precisamente a região correspondente à China antiga, no século XI A.C. A região Central da China foi provavelmente o centro genético primário da soja e a região Leste da China (antiga Manchúria) constitui o centro genético secundário da soja (HYMOWITZ, 1970).

No Início do século XX, a soja passou a ser cultivada comercialmente nos Estados Unidos da América do Norte, a partir de então houve um rápido crescimento no cultivo. No Brasil, a soja foi introduzida por Gustavo Dutra em 1882 na Bahia, com as primeiras pesquisas realizadas em 1892 pelo Instituto Agrônomo de Campinas, e foi oficialmente introduzida no Rio Grande do Sul em 1914. O desenvolvimento significativo da cultura no Brasil deu-se na década de 1960, quando alcançou projeção interna e externa e desde então, o país passou a fazer parte do cenário mundial (MIYASAKA & MEDINA, 1981).

Em 2005, a soja transgênica foi oficialmente liberada para plantio no Brasil. Ocorreram profundas mudanças no sistema de controle das plantas daninhas, tendo em vista que vários produtos ou combinações de produtos utilizados na soja convencional foram substituídos por um único ingrediente ativo, o glyphosate. A possibilidade de uso de glyphosate, aplicado em pós-emergência da soja, representa uma nova alternativa de controle em função da eficiência e da viabilidade econômica, características essenciais no conceito de praticabilidade (GAZZIERO et al., 2007).

O desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas resistentes a determinados herbicidas disponibiliza nova tecnologia no controle de plantas daninhas (ELMORE, 2001). No caso da soja resistente ao glyphosate, a resistência ao herbicida foi obtida pela inserção de um gene (*AroA*) oriundo do genoma de *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, a qual codifica uma variante da enolpiruvil-shiquimato-fosfato sintase – EPSPs - (CP4 EPSPs), especialmente tolerante à inibição pelo glyphosate (PADGETTE et al., 1995). Sob tratamento com esse herbicida, as plantas de soja não são afetadas, devido à ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto.

A cultura da soja se caracteriza pela adoção de alta tecnologia nos tratamentos culturais. Com isso a produtividade alcançada faz com que o Brasil seja o segundo maior produtor e primeiro exportador de grãos de soja no mundo (AGRIANUAL, 2008). A distribuição espacial da produção nacional encontra-se em todas as regiões do país, porém, em maior escala, nas regiões Centro-Oeste e Sul, com 45 e 38%, respectivamente, da área ocupada com a lavoura. Juntas, as regiões respondem por 82% da produção nacional de grãos de soja, sendo que aproximadamente 50% da produção nacional estão nos estados do Mato Grosso e Paraná que produziram 17,9 e 11,9 milhões de toneladas, respectivamente, na safra 2007/2008. Esse incremento na produção ocorreu tanto pelo aumento da área plantada com soja que foi de 3,1% (647,5 mil hectares) como às boas condições climáticas ocorridas durante todo o ciclo da cultura e pelo alto nível tecnológico usado (CONAB, 2008).

Entretanto, em condições de campo, uma série de fatores bióticos e abióticos, como clima, solo, estresses ocasionados por práticas de manejo de solo, deficiências nutricionais, fitotoxicidade de herbicidas, doenças e nematóides, pragas, entre outros, atuando juntos ou isoladamente, fazem com que as condições ideais de cultivo, dificilmente sejam atingidas (BONATO, 2000). Dentre os estresses bióticos que afetam a cultura da soja, destacam-se as plantas daninhas que, segundo BLANCO et al. (1973), é um dos fatores de maior

interferência na produção da cultura, podendo ocasionar redução de 90% em seu rendimento quando tais espécies não são controladas.

A competição por água, luz e nutrientes são os principais fatores ambientais pelos quais concorrem cultura e plantas daninhas, que geralmente não estão em quantidade suficiente para ambas. Além disso, o rendimento é reduzido porque algumas plantas daninhas (*Ageratum conyzoides* L., *Portulaca oleracea* L., *Lantana camara* L., *Cyperus rotundus* L, dentre outras) liberam substâncias alelopáticas que interferem no crescimento da cultura (PITTY e GODOY, 1997). Para evitar reduções na produtividade da soja, o produtor deve prevenir ou eliminar a incidência de plantas daninhas na cultura pela adoção de práticas de manejo que colaborem para a redução dos custos de produção.

O uso de herbicidas é prática comum para controlar plantas daninhas em soja. Nesse contexto, a aplicação de herbicidas nessa cultura adquire grande relevância, pois a eficiência/viabilidade econômica resulta em maiores rendimentos.

Herbicidas utilizados

Os produtos fitossanitários são muito utilizados na agricultura, principalmente na produção em monoculturas, que ocupam grandes áreas agrícolas quer pela sua praticabilidade e eficiência no tratamento (PRATA, 2000).

As plantas daninhas são uma das principais responsáveis pela utilização de defensivos agrícolas nas áreas de produção e, para o seu manejo são utilizados diversos herbicidas. Em 2004, a participação dos herbicidas no mercado brasileiro de defensivos agrícolas ficou em cerca de 40% (VELINI & KARAM, 2008). Destacam-se as culturas da soja (39,80%), do milho (23,50%) e da cana-de-açúcar (12,90%) como as de maior uso de herbicidas para o controle químico das plantas daninhas no Brasil (SPADOTTO, 2002).

Muitos herbicidas com diferentes ingredientes ativos e formulações estão registrados para uso na sojicultura no Brasil, não apenas para o controle de plantas daninhas, mas também para evitar os possíveis prejuízos à cultura. Algumas características dos produtos utilizados, neste trabalho, serão descritas a seguir.

a) Lactofen

O herbicida lactofen é um produto pertencente ao grupo dos difeniléteres, que inibe a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), envolvida na biossíntese da clorofila e de citocromos na rota fotossintética (DAN HESS, 2000). Com isso, forma-se a protoporfirina IX que, na presença de luz e O₂, forma o oxigênio singlete, responsável pela peroxidação de lipídios, os quais levam à ruptura da membrana e ao vazamento de compostos celulares para os espaços intercelulares. É indicado para o controle de plantas daninhas anuais de folha larga. A absorção ocorre pelas folhas e sua translocação é muito reduzida, sendo considerado como produto de contato. A pequena translocação deste herbicida acontece apenas de forma acrópeta, indicando restrições à distribuição do herbicida pela planta (MEROTO Jr. & VIDAL, 2001).

Dentre as espécies controladas pelo lactofen encontram-se *Bidens pilosa* L. (picão-preto), *Portulaca oleracea* L. (beldroega), *Alternanthera tenella* Colla (apaga-fogo), *Acanthospermum* sp. (carrapicho) e *Amaranthus* sp. (caruru) (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

b) Chlorimuron-ethyl e Imazethapyr

Os herbicidas chlorimuron-ethyl, do grupo químico das sulfoniluréias e o imazethapyr, do grupo químico das imidazolinonas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005), apresentam o mesmo mecanismo de ação, ou seja, são inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) responsável por catalisar a síntese de três

aminoácidos essenciais: valina, leucina e isoleucina. A maioria dos herbicidas inibidores de ALS controlam plantas daninhas dicotiledôneas, mas, algumas imidazolinonas e sulfoniluréias também controlam gramíneas (TREZZI & VIDAL, 2001).

TREZZI & VIDAL (2001) enfatizam que, embora, a metabolização seja o mecanismo mais comum de tolerância aos herbicidas inibidores de ALS, este processo difere substancialmente entre as espécies e apresenta variações importantes entre os diferentes herbicidas. Por exemplo, a metabolização de chlorimuron-ethyl em soja resulta da ação de duas rotas concorrentes. Na rota principal, onde ocorre 75% da metabolização, resulta da conjugação do anel pirimidina da molécula com homoglutationa. Na rota secundária, há deesterificação da molécula, resultando na produção de ácido inativo para ALS. Por sua vez, a metabolização do imazethapyr em soja, ocorre da hidroxilação do grupo alquil (primeiro passo da metabolização) que produz um metabólito com toxicidade intermediária e só há completa metabolização após a conjugação deste com glicose.

ROMAN (2000a) afirma que os herbicidas desses grupos químicos podem causar redução no crescimento da soja e amarelecimento temporário das folhas jovens, resultando em desuniformidade na altura das plantas, as quais apresentam entrenós curtos.

Segundo RODRIGUES & ALMEIDA (2005), entre as várias espécies controladas por esses herbicidas encontram-se *B. pilosa*, *Commelina benghalensis* L. (trapoeraba), *Acanthospermum* sp., *Amaranthus* sp., *Cenchrus echinatus* L. (capim-carrapicho), *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc (capim-marmelada).

c) Bentazon

O herbicida bentazon do grupo químico das benzotiadiazinas é indicado para o controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura da soja. No

entanto, misturas com outros herbicidas e adjuvantes podem resultar em injúrias, porém, sem refletir na produtividade (ROMAN, 2000b). Essa classe de herbicidas inibe o transporte de elétrons no fotossistema II sendo que nas plantas sensíveis provoca manchas cloróticas nas folhas, seguidas de necrose e finalmente morte das plantas. É registrado para o controle de *Acanthospermum* sp. *B. pilosa*, *Ipomoea* sp. (corda-de-viola), *Nicandra physaloides* L. (joá-de-capote), *Raphanus raphanistrum* L. (nabiça) e *Sida* spp. (guanxuma) (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

d) Haloxyfop-methyl

O herbicida haloxyfop-methyl pertence ao grupo dos ariloxifenoxipropionatos e possui forte ação gramínida em aplicações de pós-emergência e são seletivos para culturas dicotiledôneas em geral. Caracterizam-se por inibir a enzima acetil-Coenzima A carboxilase (ACCase), o que resulta na interrupção da síntese de lipídios. Dicotiledôneas, em geral, apresentam tolerância aos inibidores de ACCase devido ao fato de que 100% da enzima ACCase presente no cloroplasto e 80% da ACCase do citoplasma ser da forma mais insensível aos produtos. Nesses vegetais, a síntese de lipídios prossegue normalmente, mesmo na presença do herbicida, e não se observa sintomas de dano nas plantas (VIDAL & MEROTTO Jr., 2001).

Alguns dos sintomas mais comuns dos danos causados por esse herbicida são clorose e necrose foliar. As principais espécies suscetíveis ao produto são: *Brachiaria decumbens* Stapf (capim-braquiária), *B. plantaginea*; *C. echinatus*, *Digitaria horizontalis* Willd (capim-colchão) e *Eleusine indica* (L). Gaertn. (capim-pé-de-galinha) (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

e) Glyphosate

O glyphosate é um herbicida não seletivo às culturas, de ação sistêmica, usado no controle de plantas daninhas anuais e perenes (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). Pertence ao grupo químico dos derivados da glicina e sua atuação nos vegetais inibe a enzima 5-enol-piruvil- shiquimato 3-fosfato sintase (EPSPS), afetando a via metabólica do chiquimato, que é responsável pela produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano. Estes aminoácidos são essenciais para a síntese protéica, mas também servem de substrato para a produção de vários compostos secundários de grande importância nas plantas, tais como as ligninas, antocianinas e promotores de crescimento (TREZZI et al., 2001). Os mesmos autores estimam que 35% ou mais da massa seca das plantas é responsável por derivados da via metabólica do shiquimato, ou ainda, que 20% do carbono fixado pela fotossíntese segue por essa rota metabólica.

A absorção do glyphosate é basicamente pela região clorofilada (folhas e tecidos verdes) e translocados, preferencialmente pelo floema, para os tecidos meristemáticos (GALLI & MONTEZUMA, 2005). As conseqüências finais da ação do glyphosate incluem a paralização do crescimento, clorose, necrose e por fim a morte da planta.

O glyphosate é um dos herbicidas mais utilizados no controle de plantas daninhas no Brasil e no mundo, perfazendo cerca de 12% das vendas globais de herbicidas e apresentando dezenas de marcas comerciais (ALVES et al, 2003). No Brasil, esse produto é formulado com diferentes sais, como o sal potássico, sal de isopropilamina e sal de amônio. A importância dos herbicidas formulados com glyphosate tem aumentado nos últimos anos, devido ao incremento na semeadura de culturas resistentes à molécula do herbicida (KRUSE, 2000). Embora seja considerado não seletivo, espécies invasoras como buva (*Conyza bonariensis* L. e *C. canadensis* L.) e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) vêm sendo selecionadas

devido a aplicações sucessivas de glyphosate nas áreas agrícolas (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2008).

Tolerância da soja a herbicidas

O uso continuado de um mesmo grupo de herbicidas pode selecionar determinados biótipos e torná-los problema para a cultura. Por essa razão é necessário testar outras opções que possam oferecer um controle eficiente e seletivo. Como é comum o aparecimento de plantas daninhas, mono e dicotiledôneas, de espécies as mais variadas, torna-se difícil para um único herbicida eliminá-las. Procura-se, então, associar dois ou mais herbicidas para proporcionarem um eficiente controle dessas plantas (CRUZ & LEIDERMAN, 1978).

No entanto, são necessárias informações relativas à seletividade dessas misturas à cultura. Segundo OLIVEIRA Jr. & CONSTANTIN (2001), a seletividade é considerada como a ação tóxica de um herbicida sobre diversas espécies vegetais, quando aplicado na mesma dose e nas mesmas condições ambientais. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha a um determinado herbicida, maior a segurança de aplicação.

Assim, a tolerância de plantas daninhas aos herbicidas é diferenciada da resistência, pois a tolerância é uma característica inata da espécie em sobreviver a aplicações de herbicida na dose recomendada, que seria letal a outras espécies, sem alterações marcantes em seu crescimento e desenvolvimento. O termo “resistência” é comumente apresentado tanto com referência ao comportamento de um indivíduo frente aos mecanismos de resistência que possui, quanto aos herbicidas aos quais o indivíduo é resistente (CHRISTOFFOLETI & OVEJERO, 2008).

Para a cultura da soja, os efeitos do lactofen, chlorimuron-ethyl, imazethapyr, bentazon e glyphosate foram descritos por vários pesquisadores,

envolvendo tanto aspectos do controle de plantas daninhas infestantes da cultura, como os relacionados com a produção e sintomas de intoxicação na planta cultivada.

DURIGAN et al. (1986), avaliando vários herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura da soja cv. IAC-8, observaram que o lactofen foi um dos produtos que ocasionou maior fitointoxicação na cultura e, que aos 24 dias após a aplicação dos tratamentos, a recuperação das plantas foi total.

DAMIÃO FILHO et al. (1992) relataram que o lactofen ocasionou expressivas alterações morfológicas externas e internas das folhas nos locais onde foi depositado e que a maior dose aplicada ($0,36 \text{ kg ha}^{-1}$) acentuou os efeitos do produto sobre as plantas. Também, WICHERT & TALBERT (1993) avaliaram doses de lactofen de $0,22$ e $0,44 \text{ kg ha}^{-1}$ e encontraram injúrias visuais na cultura da soja de até 34%. No entanto, o rendimento de grãos de soja não foi afetado mesmo nas maiores doses do herbicida.

STROHER & HADEN (1993), ao avaliarem o grau de intoxicação em soja por bentazon ($480 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e suas misturas com imazethapyr (40 g ha^{-1}), lactofen (96 g ha^{-1}) e chlorimuron-ethyl ($12,5 \text{ g ha}^{-1}$), concluíram que a mistura de bentazon ao chlorimuron-ethyl e ao imazethapyr ocasionaram fitointoxicação da ordem de 12%, enquanto a mistura bentazon + lactofen foi de 22%, aos 7 DAT. Os mesmos autores obtiveram controle de 90% sobre as plantas daninhas *B. pilosa*, *Euphorbia heterophylla*, *Acanthospermum australe* e *A. hispidum*, quando tratadas com bentazon em mistura com chlorimuron-ethyl e imazethapyr.

REZENDE (1995), estudando a eficácia e seletividade do herbicida imazethapyr na cultura da soja, obteve bons resultados de controle com doses a partir de 75 g ha^{-1} quando as plantas daninhas apresentavam duas a três folhas e no estágio mais avançado com quatro a seis folhas, com doses de 100 a 125 g ha^{-1} . O herbicida causou intoxicação inicial nas maiores doses, com posterior recuperação das plantas.

Estudando a eficácia de chlorimuron-ethyl e suas misturas de tanque no controle de *Mimosa pudica*, CARVALHO et al. (1997) concluíram que a mistura de

chlorimuron-ethyl + imazethapyr não resultou em controle satisfatório, mas, as combinações com lactofen ou fomesafen proporcionaram controle bom e aceitável, respectivamente.

LACA-BUENDIA & MARICONDI (2000) e BARROS et al. (2000) observaram intoxicação inicial em soja tratada com a mistura chlorimuron-ethyl + lactofen. A mistura proporcionou eficiente controle sobre as plantas daninhas. CONSTANTIN et al (2000) evidenciaram excelente controle de *B. pilosa* e *E. heterophylla* com a mistura imazethapyr + chlorimuron-ethyl, nas doses 50 + 10 g ha⁻¹ e 50 + 12,5 g ha⁻¹ e a mistura não afetou o desenvolvimento e a produtividade da soja.

SOUZA et al. (2002) constataram que lactofen isolado ou associado a outros herbicidas causou injúrias visíveis às plantas, as quais desapareceram até os 20 dias após a aplicação. Nesse aspecto, os resultados de experimento conduzido por HEIFFIG (2006) indicaram que a aplicação foliar do herbicida lactofen no estágio fenológico V5 da soja causou intoxicação nas folhas, classificado de leve a médio e resultou em menor altura final das plantas de soja, cultivar MG/BR 46 (Conquista).

A história do estabelecimento e da dinâmica das plantas daninhas permite antever que se o manejo das espécies infestantes na soja transgênica não for realizado adequadamente, a composição da comunidade muito provavelmente será alterada em um curto espaço de tempo (GAZZIERO et al., 2007).

De acordo com JOHNSON et al. (2002), as falhas no controle de determinadas plantas daninhas pelo uso do glyphosate isolado têm levado agricultores a utilizar mistura do herbicida glyphosate com herbicidas de diferentes mecanismos de ação. LICH et al. (1997) afirmaram que misturas de glyphosate com outros herbicidas têm resultado em interações antagônicas e sinérgicas. A interação de herbicidas em combinação é descrita como antagonística se o controle obtido for menor do que cada um isoladamente, ou como sinérgica, se o controle obtido for maior do que ao da ação de cada produto individualmente e,

quando o controle das plantas daninhas pela mistura é equivalente ao controle esperado, a resposta é considerada aditiva.

Como exemplo dessas interações, destacam-se o efeito sinérgico do herbicida chlorimuron-ethyl em mistura no tanque com glyphosate para várias espécies daninhas (STARKE & OLIVER, 1998) e a atividade antagônica dos herbicidas acifluorfen (JORDAN et al., 1997), imazaquin e metribuzin + chlorimuron-ethyl (HYDRICK & SHAW, 1994), sulfentrazone (MONQUERO et al., 2001) quando aplicados em mistura com glyphosate para algumas espécies daninhas.

Em pesquisa realizada por KRAUSZ & YOUNG (2001), a aplicação de herbicidas difeniléter (lactofen, fomesafen) em pós-emergência na soja transgênica causaram injúrias de 10 a 48%, aos 7 dias após aplicação do tratamento (DAT). No entanto, estes herbicidas não retardaram o desenvolvimento da cultura. Nesse mesmo trabalho os autores constataram que a aplicação de glyphosate não ocasionou intoxicação à soja.

FOLONI et al. (2005) observaram intoxicação de leve a moderada em soja transgênica até os 20 DAA quando foi aplicado chlorimuron-ethyl + lactofen. O glyphosate, independentemente da dosagem empregada, proporcionou leve efeito de fitointoxicação.

Nesse mesmo contexto, trabalho conduzido por PROCÓPIO et al. (2007) revelou que a aplicação isolada de glyphosate, nas doses de 480, 960 e 1440 g ha⁻¹, não causou intoxicação e não reduziu a altura e o acúmulo de massa seca das plantas de soja transgênica. Todavia, a associação de imazethapyr ao glyphosate reduziu a altura e o acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas de soja. Foi verificado aos 25 DAA que mesmo com a redução no nível de injúrias, a adição de 100 g ha⁻¹ de imazethapyr ao glyphosate nas doses de 960 e 1440 g ha⁻¹ acarretou sintomas de intoxicação às plantas em níveis inferiores a 25% e não promoveu redução na produtividade da soja.

Os herbicidas recomendados para o controle de plantas daninhas na cultura da soja são diversos. No entanto, é necessário o conhecimento dos níveis

de tolerância ao produto pelos diferentes genótipos de soja existentes. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência e seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência, isolados e em misturas, para o controle de plantas daninhas e os efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento da soja transgênica e convencional. Também foram estudados os efeitos dos produtos sobre a atividade fotossintética e as características morfológicas externas e internas das plantas.

Referências

- AGRIANUAL 2008: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 443-473.
- ALVES, B. R. J.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v. 252, p. 1-9, 2003.
- BARROS, C. A.; UEDA, A.; SCHUMM, K. C. Eficiência e seletividade do lactofen em mistura com outros latifolicidas no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **R. Bras. Herbic.**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 79-84, 2000.
- BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; ARAÚJO, J. B. M.; GRASI, N. Observações sobre o período em que as plantas daninhas competem com a soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **O Biológico**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 31-35, 1973.
- BONATO, E. R. **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000, 254 p.
- CARVALHO, J. A.; MARICONDI, P. F.; SANTOS, V. L. M. Eficácia do herbicida chlorimuron-ethyl e misturas no controle de *Mimosa pudica* e na seletividade à cultura da soja "seriema". In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS

PLANTAS DANINHAS, 21., Caxambu. **Resumos...** Caxambu: SBCPD, 1997. p 59.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no Mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Ed.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3. ed. Piracicaba, Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas – HRAC-BR, 2008. p. 9-34.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2007/2008**: décimo segundo levantamento, setembro, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 03 out. 2008.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, Jr., R. S.; MACIEL, C. D. G. Avaliação de misturas em tanque de imazethapyr com outros herbicidas para o controle de *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla* em soja. **Rev. Bras. Herbic.**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 73-78, 2000.

CRUZ, L. S. P.; LEIDERMAN, L. Controle das plantas daninhas em cultura de soja (*Glycine max* L. Merrill) com misturas de herbicidas. **Planta daninha**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 13-17, 1978.

DAMIÃO FILHO, C. F.; CORSO, G. M.; ANDRADE, V. M. de M. Efeitos do herbicida lactofen sobre três cultivares de soja. **Planta Daninha**, Brasília, v. 10, n. 1-2, p. 17 – 24, 1992.

DAN HESS, F. Light-dependent herbicides: na overview. **Weed Science**, Lawrence, v. 48, n. 2, p. 160 – 170, 2000.

DURIGAN, J. C.; PEREIRA, W. S. P.; LEITE, G. J. Controle químico de plantas daninhas com herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine max*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16, 1986, Campo Grande: SBHED. **Resumos...** Campo Grande, 1986. p. 52.

ELMORE, R. W.; ROETH, F. W.; KLEIN, R. N.; KNEZEVIC, S. Z.; MARTIN, A.; NELSON, L. A.; SHAPIRO, C. A. Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate. **Agron. J.**, Madison, v. 93, n. 2, p. 404-407, 2001.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report 80).

FOLONI, L.L. et al. Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no cerrado. **Rev. Bras. Herbic.**, Passo Fundo, n. 3, p. 47-58, 2005.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. São Paulo: Monsanto do Brasil, 2005, 60 p.

GAZZIERO, D. N.; ADEGAS, F.; VOLL, E. Glyphosate como alternativa de controle de plantas daninhas em pós-emergência na soja transgênica. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL AMAZÔNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS, 1, 2007, Belém. **Palestras...** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. p. 19 – 28.

HEIFFIG, L. S. **Interação herbicida pós-emergente lactofen e micronutrientes Co e Mo aplicados via foliar na cultura da soja**. 2006. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

HYDRICK, D. E.; SHAW, D. R. Sequential herbicide applications in stale seedbed soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.**, Champaign, v. 8, n. 4, p. 684-688, 1994.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Econ. Bot.**, n. 24, p. 408 – 421, 1970.

JOHNSON, B. F. et al. Herbicide effects on visible injury, leaf area, and yield of glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technol.**, Champaign, v. 16, p. 554-566, 2002.

JORDAN, D. L.; YORK, A. C.; GRIFIN, J. L.; CLAY, P. A.; VIDRINE, P. R. REYNOLDS, D. B. Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technol.**, Champaign, v. 11, n. 2, p.354 – 362, 1997.

KRAUSZ, R. F.; YOUNG, B. G. Response of double-crop glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) to broadleaf herbicides. **Weed Technol.**, Champaign, v. 15, n. 2, p.300 – 305, 2001.

KRUSE, N. D.; TRESSI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **R. Bras. Herbic.**, Brasília, v.2, n.1, p. 139-146, 2000.

LACA-BUENDIA, J .P.; MARICONDI, P. F. Eficácia do herbicida chlorimuron-ethyl no controle de *Melampodium perfoliatum* na cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 17 – 20, 2000.

LICH, J. M.; RENNER, K. A. PENNER, D. Interaction of glyphosate with postemergence soybean (*Glycine max*) herbicides. **Weed Sci.**,Lawrence, v. 45, n. 1, p. 12 – 21, 1997.

MEROTTO Jr. A.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores de PROTOX. In:VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre, 2001, p. 69 – 86.

MIYASAKA, S. & MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. São Paulo: ITAL, 1981, p. 1-72.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; SANTOS, C. T. D. Glyphosate em mistura com herbicidas alternativos para o manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 375 – 380, 2001.

OLIVEIRA Jr., R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuário, 2001. 362 p.

PADGETTE, S. R. et al. New weed control opportunities: development of glyphosate-tolerant soybeans. In: DUKE, S. O. (Ed.). **Herbicide resistant crops**. Boca Raton: CRC, 1995. p. 54-80.

PITTY, A.; GODOY, G.C. Interferencia: competencia, alelopatía y parasitismo. In: Pitty, A. (ed.). **Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas**. Honduras: Zamorano Academia Press. 1997. 300 p.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glifosato em solos com diferentes atributos mineralógicos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 24, p. 947-951, 2000.

PROCÓPIO, S.O.; MENEZES, C.C.E.; BETTA, L. BETTA, M. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 365-373, 2007.

REZENDE, A. M. de. **Eficácia e seletividade dos herbicidas imazethapyr e flumioxazin na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1995. 105 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina, 2005. 592 p.

ROMAN, E. S. Estresses ocasionados por fitotoxicidade de herbicidas: imazethapyr. In: BONATO, E. R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 123 – 126, 2000a.

ROMAN, E. S. Estresses ocasionados por fitotoxicidade de herbicidas: bentazon. In: BONATO, E. R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 109 – 110, 2000b.

SANTOS, T. L. Soja. In: CASTRO, P. R.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I (Ed.). **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. p. 158 – 175.

SOUZA, R. T.; CONSTANTIN, J.; VELINI, E. D.; MONTORIO, G. A.; MACIEL, C. D. G. Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofen para a cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 99-106, 2002.

SPADOTTO, C. A. Uso de herbicidas no Brasil. Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas. 2002. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

STARKE, R. J.; OLIVER, L. R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr and sulfentrazone. **Weed Sci.**, Lawrence, v. 46, n. 6, p. 652 – 660, 1998.

STROHER, I.H.; HADEN, E. Avaliação da eficiência e seletividade de bentazon em mistura com outros herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos**. Londrina: SBHED, 1993. p. 94-95.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores de ALS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre, 2001, p. 25 – 36.

TREZZI, M. M.; KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A. Inibidores de EPSPS. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre, 2001, p. 37 – 45.

VELINI, E. D.; KARAM, D. Importância do ensino da disciplina de plantas daninhas na formação dos profissionais da área agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26, 2008, CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINO-AMERICANA DE MALEZAS, 18, 2008, Ouro Preto. **Palestras**. Sete Lagoas: SBPCPD, 2008. p. 28-44.

VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr. A.; Herbicidas inibidores de ACCase. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre, 2001, p. 15 – 24.

WICHERT, R.A.; TALBERT, R.E. Soybean [*Glycine max* (L.) response to lactofen. **Weed Sci.**, Champaign, v. 41, n. 1, p. 23-26, 1993.

CAPÍTULO 2 - EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA NA CULTURA DA SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA

RESUMO - Na cultura da soja é freqüente o uso de herbicidas seletivos aplicados em pós-emergência como ferramenta para controle das plantas daninhas. Com o objetivo de avaliar a eficácia e a seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência, isolados e em misturas, para o controle de plantas daninhas e os efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento da soja convencional e transgênica, foram desenvolvidos dois experimentos em condições de campo, no ano agrícola 2006/2007 e repetido em 2007/2008. Os tratamentos constaram dos herbicidas: lactofen (168 g ha^{-1}), glyphosate (1080 g ha^{-1}), lactofen + chlorimuron-ethyl ($96 + 10 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + bentazon ($10 + 600 \text{ g ha}^{-1}$), glyphosate + imazethapyr ($900 + 70 \text{ g ha}^{-1}$), lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($96 + 10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$) e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl ($96 + 10 + 70 / 60 \text{ g ha}^{-1}$). Além disso, mantiveram-se duas testemunhas sem aplicação de herbicida (capinada e mantida infestada). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. O herbicida lactofen aplicado isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, imazethapyr e haloxyfop-methyl provocaram intoxicação inicial nas plantas de soja, mas, aos 27 dias após a aplicação a cultura apresentava-se recuperada. No primeiro ano agrícola, as plantas daninhas foram satisfatoriamente controladas pelos tratamentos químicos. No segundo ano, os tratamentos que resultaram em melhor controle das infestantes foram glyphosate e glyphosate + imazethapyr. Houve redução na altura final das plantas tratadas com chlorimuron-ethyl + imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl, no segundo ano. Foi constatada redução na produtividade de grãos da cultivar M-SOY 7908 RR tratada com lactofen e com a mistura chlorimuron ethyl + bentazon no primeiro ano. A aplicação de

chlorimuron-ethyl + bentazon proporcionou redução na produtividade da cultivar M-SOY 8001, no segundo ano.

Palavras-Chave: lactofen, fitotoxicidade, *Glycine max*, glyphosate.

Introdução

As plantas daninhas constituem um dos principais componentes bióticos do agroecossistema da soja e, quando não manejadas, afetam negativamente o desenvolvimento da cultura, geralmente causando redução na produtividade de grãos (LAMEGO et al., 2004). Além disso, competem com a cultura pelos recursos do meio, principalmente água, luz e nutrientes, liberando substâncias alelopáticas prejudiciais, atuando como hospedeiras de pragas e doenças comuns à cultura e interferindo nas práticas de colheita (PITELLI, 1985).

Devido a importância da cultura, existe a necessidade constante de pesquisas para aumentar a eficiência na produção, visando o aumento na competitividade do país internacionalmente (CONSTANTIN et al., 2000).

Com o aumento da área plantada com soja em 3,1% no Brasil na safra 2007/2008 (CONAB, 2008) e a adoção das tecnologias disponíveis, a utilização de herbicidas em pós-emergência tem se tornado cada vez mais freqüente (PETTER et al., 2007). No entanto, o uso constante de um herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, exerce alta pressão de seleção, o que reduz ou elimina indivíduos suscetíveis e, em contrapartida, aumenta o número de indivíduos tolerantes e a manifestação de biótipos resistentes que, provavelmente, já existiam na população, mas em freqüência bastante baixa (CHRISTOFFOLETI et al., 1994).

Nesse contexto, a mistura de herbicidas está se tornando uma prática muito utilizada para o controle de plantas daninhas, uma vez que as mesmas têm demonstrado aumento do número de espécies controladas dentro do complexo florístico infestante. Além disso, é considerada uma prática benéfica na prevenção

do aparecimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas (VARGAS et al., 1999). Segundo CONSTANTIN et al. (2000), os herbicidas bentazon, chlorimuron-ethyl, lactofen e imazethapyr são muito utilizados para o controle de folhas largas em pós-emergência na cultura da soja, isolados ou em mistura em tanque entre si.

No entanto, são necessárias as informações relativas à seletividade de tais produtos químicos em mistura à cultura. SOUZA et al. (2002), trabalhando com diferentes doses do herbicida lactofen na cultura da soja, observaram que a fitointoxicação provocada pelo lactofen isolado atingiu valores intermediários da escala EWRC no terceiro dia após a aplicação, mas, com o desenvolvimento da cultura os sintomas se tornaram menos intensos até o décimo dia após a aplicação, e a partir do vigésimo dia, desapareceram completamente.

Em outro trabalho, MELHORANÇA & PEREIRA (2000) verificaram que o lactofen isolado (120 g ha^{-1}) ou em mistura com imazethapyr, aos 7 dias após a aplicação do tratamento (DAT) ocasionaram as maiores injúrias visuais na soja. Porém, aos 14 DAT houve sensível redução dos sintomas e, aos 30 DAT, constatou-se ausência de injúrias visuais para todos os tratamentos aplicados.

Com a liberação do cultivo de soja transgênica no Brasil, a intensidade do uso do herbicida glyphosate na cultura, que já era grande devido às aplicações de dessecação de manejo, passou a ser ainda maior, com a possibilidade de realizar aplicações em pós-emergência sobre as plantas de soja geneticamente modificadas (PETTER et al., 2007).

Em vista da introdução de cultivares transgênicas e da necessidade de utilizar misturas de herbicidas para aumentar o espectro e a eficiência de controle das plantas daninhas, torna-se primordial conhecer, também, os efeitos dessas misturas nas culturas. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência e seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência, isolados e em misturas, para o controle de plantas daninhas e os efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento da soja transgênica e convencional.

Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos no campo, nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008, em duas áreas experimentais da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, localizada no município de Jaboticabal – SP, que se encontra à latitude de 21°15'22''S, longitude de 48°18'58''W Gr. e altitude de 595 m.

O solo da área experimental do primeiro ano agrícola é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico textura muito argilosa A moderado e relevo suave ondulado e do segundo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico textura argilosa A moderado, relevo suave ondulado (ANDRIOLI & CENTURION, 1999). Os resultados da análise química e física das amostras de solo, coletadas antes da instalação dos experimentos, estão apresentados em Anexo. O preparo do solo consistiu de aração e gradagem.

A semeadura da soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) foi realizada em 8 de dezembro de 2006 e 15 de dezembro de 2007, no primeiro e segundo ano, respectivamente. Os cultivares de soja foram semeados no espaçamento de 0,45 m entre linhas, distribuindo-se 21 e 18 sementes por metro, sendo utilizados 300 kg ha⁻¹ de 0 – 20 - 20 e 300 kg ha⁻¹ de 8 – 20 – 20 no sulco de semeadura, no primeiro e segundo ano, respectivamente. Antes da semeadura, procedeu-se o tratamento das sementes com Thiram (300 mL 100 kg⁻¹ de sementes). Em seguida, as sementes foram inoculadas com 2 g de inoculante turfoso por kg de semente.

A soja transgênica é de ciclo precoce, altura média de 70 cm, crescimento determinado, cor da pubescência marrom, cor do hilo preta e altura média de inserção das vagens de 12 cm. A M-SOY 8001 apresenta ciclo semi-precoce, crescimento determinado, cor da pubescência marrom, cor do hilo preta e altura média de inserção das vagens de 12 cm (CAROL, 2007).

Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de herbicidas isolados e em mistura e as testemunhas (capinada e mantida infestada) sem aplicação de herbicida (Tabela 1). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com dez tratamentos para cada variedade e quatro repetições. As parcelas experimentais apresentaram sete linhas de semeadura, espaçadas de 0,45 m entrelinhas, com 5 m de comprimento cada, resultando numa área de 15,75 m² (3,15 x 5 m), considerando como área útil as três linhas centrais perfazendo 6,75 m² (1,35 x 5 m) de área.

Tabela 1 – Tratamentos e doses de herbicidas utilizadas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Nome comum	Dose
	i.a ⁽¹⁾ ou e.a ⁽²⁾ (g ha ⁻¹)
1 – testemunha mantida infestada	-
2 - testemunha capinada	-
3 – lactofen ⁽³⁾	168
4 – glyphosate ⁽⁴⁾	1080
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl ⁽⁵⁾	96 + 10
6 – chlorimuron-ethyl + imazethapyr ⁽⁶⁾	10 + 70
7 – chlorimuron-ethyl + bentazon ⁽⁷⁾	10 + 600
8 - glyphosate + imazethapyr ⁽⁸⁾	900 + 70
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr ⁽⁹⁾	96 + 10 + 70
10 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl ⁽¹⁰⁾	96 + 10 + 70 / 60

¹Ingrediente ativo; ²Equivalente ácido, utilizado para o produto glyphosate;

Nomes comerciais: ⁽³⁾ Naja; ⁽⁴⁾ Roundup original; ⁽⁵⁾ Naja + Classic; ⁽⁶⁾ Classic + Dinamaz WG; ⁽⁷⁾ Classic + Basagran 600; ⁽⁸⁾ Roundup original + Dinamaz WG; ⁽⁹⁾ Naja + Classic + Dinamaz WG; ⁽¹⁰⁾ Naja + Classic + Dinamaz WG / Verdict

Os herbicidas foram aplicados quando as plantas de soja se encontravam com o quinto ou sexto (estádio V6 e V7) e quarto ou quinto (estádio V5 e V6) trifólio totalmente expandido, segundo escala fenológica proposta por RITCHIE et al. (1977), no primeiro e segundo ano, respectivamente. O herbicida haloxyfop-

methy1 foi aplicado em seguida da pulverização da mistura lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr para que sua absorção não fosse prejudicada. Foi utilizado pulverizador costal, à pressão constante (mantida pelo CO₂ comprimido) de 2,24 kgf cm⁻², munido de barra com seis pontas de pulverização tipo jato plano “Teejet” XR 110.02, distanciadas de 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, registrou-se para o primeiro e segundo ano, respectivamente, 34°C e 33°C de temperatura do ar; 28°C e 31°C de temperatura do solo; 72% e 52% de umidade relativa do ar; ventos leves com velocidade de 2,0 km h⁻¹ e nebulosidade em torno de 80% e 30%.

No decorrer do período experimental, foram realizadas aplicações de inseticidas e fungicidas visando principalmente o controle de lagartas, percevejos e da ferrugem asiática, fazendo-se as pulverizações sempre que necessárias.

As avaliações visuais de intoxicação na soja foram realizadas aos 6, 13, 20, 27 e 37 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, atribuindo-se a cada unidade experimental uma nota, utilizando-se a escala de valores proposta pela European Weed Research Council (EWRC, 1964), em que 1 = nenhuma injúria; 2 = injúria muito leve; 3 = injúria leve; 4 = injúria regular; 5 = injúria média; 6 = injúria quase forte; 7 = injúria forte; 8 = injúria muito forte e 9 = morte da planta. Nas mesmas épocas e na pré-colheita fez-se as avaliações de controle por meio de escala visual de 0 a 100%, significando ausência de controle e controle total das plantas daninhas, respectivamente, cuja nota foi atribuída à comunidade infestante em geral na parcela. A área na qual foi implantado o experimento, no primeiro ano, apresentava-se com baixa infestação de plantas daninhas comparada ao segundo ano, com alta infestação.

Na pré-colheita (estádio R9) foram realizadas as avaliações da massa seca das plantas daninhas e dos componentes de produção da soja. A avaliação da massa seca da comunidade infestante foi feita com o lançamento aleatório de quadrado metálico de 0,25 m² de área, por duas vezes, na área útil de cada parcela. As plantas daninhas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel, levados à estufa com ventilação forçada de ar a 70°C até massa constante.

Os dados de biomassa seca foram extrapolados para gramas de matéria seca por metro quadrado. Para determinação da altura final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta foram coletadas dez plantas em linha, na seqüência, por parcela. Para altura final de planta, mediu-se a distância compreendida entre o colo da planta e o ápice da haste principal e, para altura de inserção da primeira vagem, considerou-se a distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da primeira vagem.

A colheita da soja foi realizada em 10 de abril de 2007 e 24 de abril de 2008. Para obtenção da produção de grãos foram colhidas três linhas centrais de 5 metros de comprimento em cada parcela, sendo posteriormente corrigida a umidade dos grãos para 13%. Determinou-se também o peso de 100 grãos.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F para análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados obtidos para número de vagens da soja foram previamente transformados em \sqrt{x} .

Resultados e Discussão

Precipitação pluvial e Temperatura do ar durante os anos de estudo

A precipitação pluviométrica e temperatura média registradas nos anos 2006/2007 e 2007/2008 estão apresentadas nas Figuras 1 e 2. Com relação às chuvas, registrou-se, no primeiro ano, um volume de 1230 mm durante o período de desenvolvimento da cultura, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso. Entretanto, no segundo ano, a precipitação foi relativamente bem distribuída, porém com menor volume de chuva, cerca de 1072 mm. Segundo CÂMARA (1998), regiões com precipitações médias anuais de 700 a 1200 mm, com boa distribuição (500 a 700 mm) durante o ciclo das plantas, são consideradas aptas para a cultura.

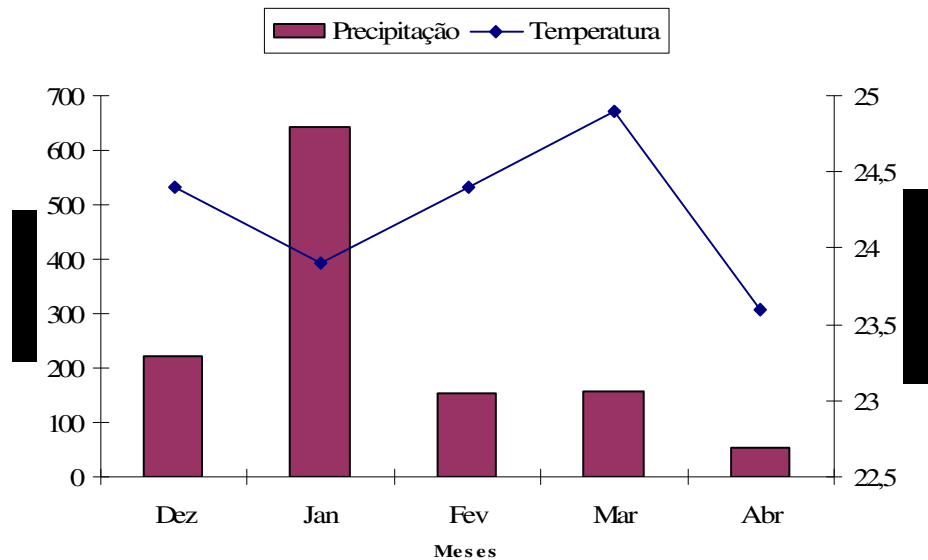


Figura 1 – Precipitação pluviométrica e temperatura média durante o ciclo da cultura no ano agrícola 2006/2007. Jaboticabal – SP. Fonte: Estação Agroclimatológica. Depto. de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Quanto à temperatura, a média térmica do período estudado variou de 22 e 25°C, sendo favorável ao desenvolvimento da cultura. BERLATO (1991) considera que uma determinada região não tem aptidão térmica e, portanto, não é recomendada para a cultura da soja, quando a temperatura média do mês mais quente for inferior a 20°C.

Analisando-se os dois anos de estudo, constata-se que não ocorreram limitações de natureza climática (precipitação e temperatura) para o desenvolvimento e expressão do potencial de produtividade da soja.

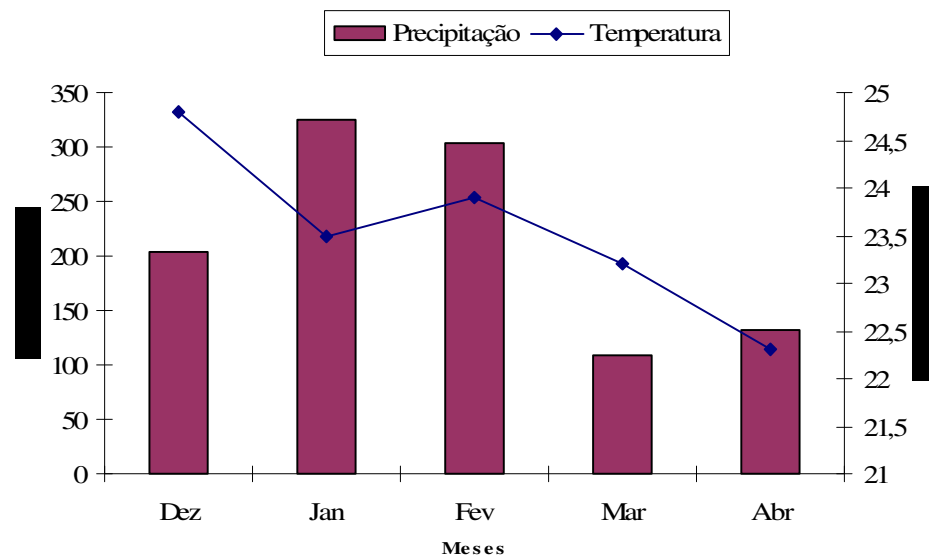


Figura 2 – Precipitação pluviométrica e temperatura média durante o ciclo da cultura no ano agrícola 2007/2008. Jaboticabal – SP. Fonte: Estação Agroclimatológica. Depto. de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Fitotoxicidade

No primeiro e segundo ano, os sintomas de intoxicação visual foram observados nas folhas de soja das duas cultivares para lactofen isolado, lactofen + chlorimuron-ethyl, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl com valores intermediários (6; 5; 4 e 4) da escala EWRC aos 6 DAA. Provocando sintomas visuais como clorose, bronzeamento e necrose das folhas, em especial nas margens, acompanhadas de deformação (enrugamento) em folhas e brotos. Aos 13 DAA, os danos visuais apresentaram-se menos intensos, desaparecendo gradativamente até os 20 DAA. No entanto, a gema apical não foi afetada, pois os sintomas de intoxicação

desapareceram com o desenvolvimento das plantas devido à emissão e expansão de folhas novas. DURIGAN et al. (1986); DAMIÃO FILHO et al. (1992); MELHORANÇA & PEREIRA (2000); HEIFFIG (2006) citam, de maneira geral, efeito de intoxicação do lactofen sobre algumas cultivares de soja por eles estudadas.

SOUZA et al. (2002) obtiveram resultados semelhantes trabalhando com diferentes doses do herbicida lactofen na cultura da soja. Os autores observaram que a fitointoxicação provocada pelo lactofen isolado atingiu valores intermediários da escala EWRC no terceiro dia após a aplicação, mas com o desenvolvimento da cultura os sintomas se tornaram menos intensos até o décimo dia após a aplicação, e a partir do vigésimo dia, desapareceram completamente. Ainda neste contexto, o mesmo foi observado por WICHERT & TALBERT (1993) aos 8 DAA com aplicação de lactofen nas doses 220 e 440 g ha⁻¹.

FOLONI et al. (2005) constataram intoxicação de leve a moderada na cultura da soja transgênica até 20 dias após a aplicação da combinação dos herbicidas lactofen + chlorimuron-ethyl, o que não corresponde aos dados encontrados neste trabalho, onde aos 20 DAA a intoxicação foi considerada muito leve a nula (sem dano às plantas).

Em relação à aplicação de glyphosate isolado nos dois anos de estudo e glyphosate em mistura ao imazethapyr no primeiro ano, não foram observados sintomas de intoxicação na cultivar transgênica. Estes dados corroboram aos encontrados por PROCÓPIO et al (2007) ao constatarem que a aplicação isolada de glyphosate não ocasionou sintomas de intoxicação nas plantas de soja transgênica M-SOY 7878 RR. Porém, FOLONI et al. (2005) constataram leve intoxicação na cultivar transgênica M-SOY 8888 RR, após a aplicação isolada de glyphosate. Segundo KRAUSZ & YOUNG (2001a), o glyphosate causou clorose mais acentuada nas folhas quando aplicado no estágio R1 (início da floração) da soja, e isso foi intensificado com o aumento das doses utilizadas. No presente

trabalho, as plantas de soja da cultivar M-SOY 8001 tratadas com glyphosate isolado e glyphosate + imazethapyr morreram.

As plantas das duas cultivares tratadas com chlorimuron-ethyl + imazethapyr no primeiro ano e chlorimuron-ethyl + bentazon no primeiro e segundo ano apresentaram injúrias visuais muito leves. Ao contrário do observado neste trabalho, STROHER & HADEN (1993) ao avaliarem o grau de intoxicação em soja por bentazon (480g ha^{-1}) + chlorimuron-ethyl ($12,5\text{ g ha}^{-1}$) constataram fitointoxicação da ordem de 12% aos 7 DAT.

A partir dos 27 DAA, os sintomas de fitointoxicação ocasionados pela aplicação dos herbicidas foram muito leves a nulo em todos os tratamentos, independentemente da cultivar. Exceto para o herbicida glyphosate aplicado isolado e em mistura ao imazethapyr aplicados à cultivar convencional, não tolerante ao glyphosate.

No segundo ano agrícola, a mistura glyphosate + imazethapyr, causou injúrias visuais às plantas da cultivar transgênica, atingindo níveis da escala EWRC de leve a muito leve aos 6 e 13 DAA. ELMORE et al. (2001) verificaram que os tratamentos que continham glyphosate na dose de 960 g ha^{-1} ou mais causaram intoxicação na soja transgênica (em média de 7%, em escala visual), considerada leve, caracterizada principalmente pelo amarelecimento do meristema apical das plantas, tais sintomas desapareceram ao longo do desenvolvimento da cultura, efeito similar ao observado neste estudo. Em outra pesquisa, PROCÓPIO et al. (2007) constatam que a adição de 100 g ha^{-1} de imazethapyr ao glyphosate nas doses de 480; 960 ou 1440 g ha^{-1} acarretou níveis de intoxicação de 33% às plantas de soja aos 13 DAA, níveis superiores ao encontrado neste trabalho.

A intoxicação ocasionada pela mistura chlorimuron-ethyl + imazethapyr nas duas cultivares atingiu níveis de regular a leve na escala EWRC aos 6 e 13 DAA, respectivamente. Os sintomas foram evidenciados pela murcha das folhas, clorose no local onde o produto foi depositado e redução na altura das plantas quando comparadas às testemunhas. No entanto, com o desenvolvimento das

plantas, os sintomas foram desaparecendo completamente. CONSTANTIN et al. (2000) verificaram que a mistura imazethapyr + chlorimuron-ethyl, nas doses 50 + 10 g ha⁻¹ e 50 + 12,5 g ha⁻¹ não afetaram o desenvolvimento e a produtividade da soja.

Componentes de Produção e Produtividade da Cultura

No primeiro ano, não houve efeito significativo de tratamentos na altura final (Tabela 2) das plantas da cultivar M-SOY 7908 RR. Para a M-SOY 8001, foi constatada redução de 15 % na altura das plantas tratadas com lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr, comparadas às da testemunha mantida infestada, não diferindo dos outros tratamentos. Resultado semelhante foi relatado por SOUZA et al. (2002), que estudando a seletividade das combinações do herbicida lactofen na cultura da soja BR-37, mencionaram reduções na altura das plantas de 10,50 a 5,75% aos 20 e 40 DAA do herbicida, respectivamente. Os mesmos autores constataram que o lactofen combinado ao chlorimuron-ethyl e ao imazethapyr a 75% da dose comercial, ocasionaram reduções na altura de plantas de 11 e 10%, respectivamente, aos 20 DAA.

Analisando-se as variáveis, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens (Tabela 2) e massa de 100 grãos (Tabela 3), não houve efeito dos tratamentos nas plantas das duas cultivares de soja. BARROS et al. (2000), em ensaio com misturas de lactofen com oxasulfuron, cloransulam-methyl e chlorimuron-ethyl, também não constataram diferença significativa entre a altura de planta e de inserção da primeira vagem em função dos tratamentos aplicados.

Para a produtividade de grãos da cultivar M-SOY 7908 RR (Tabela 3), apenas as plantas pulverizadas com lactofen, chlorimuron-ethyl + bentazon e a testemunha mantida infestada apresentaram valores inferiores ao da testemunha capinada. Assim como nos resultados observados neste trabalho, SOUZA et al.

(2002) verificaram redução na produtividade agrícola da soja para doses de lactofen acima de 75% da dose comercial.

Em relação a M-SOY 8001, com exceção dos tratamentos glyphosate isolado e associado ao imazethapyr que causaram a morte das plantas, a produtividade não foi influenciada pelos tratamentos químicos. A massa de 100 grãos menor observada na cultivar convencional não refletiu na produtividade, pois, o rendimento foi maior, em termos de média, nessa cultivar, possivelmente pelo maior número de vagens apresentado pela cultura.

Os resultados do segundo ano para os componentes de produção da soja mostraram que os tratamentos químicos influenciaram a altura final das plantas (Tabela 4) da cultivar M-SOY 7908 RR. As plantas tratadas com chlorimuron-ethyl + imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl apresentaram redução de 18; 11 e 16% em altura, respectivamente, comparadas à testemunha mantida infestada. PROCÓPIO et al. (2007) relataram que a associação de imazethapyr ao glyphosate reduziu a altura das plantas de soja transgênica e, nesta pesquisa, a associação de imazethapyr ao lactofen, chlorimuron-ethyl e haloxyfop-methyl apresentaram efeito semelhante. KRAUSZ & YOUNG (2001b) constataram que a aplicação do herbicida imazethapyr reduziu a altura da soja geneticamente modificada tolerante ao glyphosate.

Verificou-se para a cultivar M-SOY 8001 redução de 22, 21 e 27% na altura das plantas (Tabela 4) tratadas com chlorimuron-ethyl + imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl, respectivamente, em relação à testemunha mantida infestada. ROMAN (2000) afirma que os herbicidas inibidores de ALS podem causar redução no crescimento da soja e amarelecimento temporário das folhas jovens, resultando em desuniformidade na altura das plantas, as quais apresentam entrenós curtos.

Tabela 2 – Médias da altura das plantas, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens de plantas de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) em resposta aos tratamentos estudados no ano agrícola 2006/2007. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	M-SOY 7908 RR		
	Altura das plantas (cm)	Altura de inserção da primeira vagem	Número de vagens ⁽¹⁾
1 – testemunha mantida infestada	78,88	23,35	5,28
2 – testemunha capinada	79,47	18,91	5,63
3 – lactofen	77,13	23,89	5,89
4 – glyphosate	79,41	20,40	5,82
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	74,27	23,27	5,24
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	78,25	22,27	5,24
7 – chlorimuron-ethyl + bentazon	78,55	20,70	4,81
8 – glyphosate + imazethapyr	74,99	21,80	5,19
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	76,42	21,21	5,61
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyp-methyl	76,15	23,20	5,26
F (trat)	0,46 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,34 ^{ns}
CV (%)	7,06	15,44	10,61
DMS (Tukey)	13,27	8,22	1,39
Tratamento	M-SOY 8001		
	Altura das plantas (cm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)	Número de vagens ⁽¹⁾
1 – testemunha mantida infestada	79,29 a	15,30 a	6,50 a
2 – testemunha capinada	75,36 ab	15,65 a	6,68 a
3 – lactofen	77,32 ab	17,82 a	6,32 a
4 – glyphosate	0,00 c	0,00 b	0,00 b
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	74,62 ab	16,10 a	6,86 a
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	72,31 ab	16,95 a	6,00 a
7 – chlorimuron-ethyl + bentazon	77,17 ab	16,82 a	6,18 a
8 – glyphosate + imazethapyr	0,00 c	0,00 b	0,00 b
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	67,02 b	17,72 a	6,52 a
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyp-methyl	71,23 ab	15,17 a	6,34 a
F (trat)	187,26**	39,42**	123,54**
CV (%)	7,75	16,93	9,52
DMS (Tukey)	11,20	5,41	1,19

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

⁽¹⁾ Dados transformados para \sqrt{n} . ^(ns) – não significativo. ** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 3 - Médias da massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) em resposta aos tratamentos estudados no ano agrícola 2006/2007. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	M-SOY 7908 RR	
	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 – testemunha mantida infestada	18,41	2414 c
2 – testemunha capinada	19,15	3015 a
3 – lactofen	18,45	2408 c
4 – glyphosate	19,00	2711 abc
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	18,26	2796 abc
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	19,04	2826 abc
7 – chlorimuron-ethyl + bentazon	19,03	2535 bc
8 – glyphosate + imazethapyr	19,03	2933 ab
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	18,46	2759 abc
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	18,63	2716 abc
F (trat)	0,51 ^{ns}	5,04**
CV (%)	5,0	6,7
DMS (Tukey)	2,28	442,53
Tratamento	M-SOY 8001	
	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 – testemunha mantida infestada	14,05 a	2761 a
2 – testemunha capinada	13,79 a	3090 a
3 – lactofen	13,81 a	3288 a
4 – glyphosate	0,00 b	0 b
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	13,83 a	3220 a
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	13,46 a	3190 a
7 – chlorimuron-ethyl + bentazon	14,03 a	3248 a
8 – glyphosate + imazethapyr	0,00 b	0 b
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	14,20 a	3149 a
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	13,20 a	3319 a
F (trat)	227,36**	121,80**
CV (%)	7,0	9,6
DMS (Tukey)	1,87	590,90

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^(ns) – não significativo. ** significativo a 1% de probabilidade.

Em geral, observou-se que a cultivar M-SOY 7908 RR apresentou os maiores valores de altura de plantas comparados à cultivar convencional,

independentemente dos tratamentos utilizados, o que corrobora o melhor fechamento de entrelinhas constatado no cultivo dessa variedade.

Não foi constatada interferência dos tratamentos nas duas cultivares para as variáveis altura de inserção da primeira vagem, número de vagens (Tabela 4) e massa de 100 grãos (Tabela 5). Exceção para número de vagens na cultivar M-SOY 8001 tratada com lactofen + chlorimuron-ethyl, que apresentou redução de 21% no número de vagens comparada à testemunha capinada. Este resultado não pode ser atribuído às características genéticas da cultivar, mas sim à interferência das plantas daninhas e dos produtos aplicados, os quais podem ocasionar restrições metabólicas às plantas ao longo do desenvolvimento, visto que no primeiro ano agrícola não foi evidenciado o mesmo comportamento da cultivar. LAMEGO et al. (2004) observaram redução do número de vagens por planta quando as cultivares de soja foram submetidas à interferência da comunidade infestante.

Para a produtividade de grãos (Tabela 5) das plantas da M-SOY 7908 RR, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos químicos e nem entre eles e as testemunhas, havendo diferença significativa apenas entre as testemunhas. Estes resultados demonstram que a interferência causada pela presença das plantas daninhas não controladas ou parcialmente controladas pelos tratamentos herbicidas não foi suficiente para afetar essa característica. Estes resultados também podem ser explicados pelo rápido e vigoroso crescimento apresentado pela cultivar, que ocasionou o sombreamento do solo, dificultando o crescimento das plantas daninhas, tanto nas parcelas tratadas com herbicidas, quanto nas parcelas mantidas infestadas.

Em relação à cultivar M-SOY 8001, exceto para glyphosate e glyphosate + imazethapyr que ocasionaram a morte das plantas, os tratamentos chlorimuron-ethyl + bentazon e testemunha mantida infestada registraram os menores níveis de produtividade, comparados à testemunha capinada, que resultou nos maiores valores.

Tabela 4 – Médias da altura das plantas, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens de plantas de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) em resposta aos tratamentos estudados no ano agrícola 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	M-SOY 7908 RR		
	Altura das plantas (cm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)	Número de vagens ⁽¹⁾
1 – testemunha mantida infestada	93,03 ab	28,94	6,16
2 – testemunha capinada	92,68 abc	28,95	6,02
3 – lactofen	90,46 abc	27,89	6,29
4 – glyphosate	90,79 abc	28,61	6,37
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	86,83 abcd	29,56	6,36
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	76,63 e	25,25	6,30
7 - chlorimuron-ethyl + bentazon	95,29 a	29,13	6,55
8 – glyphosate + imazethapyr	82,93 bcde	26,30	6,11
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	82,71 cde	28,09	6,77
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	77,70 de	27,73	6,46
F (trat)	10,02**	0,58 ^{ns}	0,79 ^{ns}
CV (%)	4,8	12,6	7,8
DMS (Tukey)	10,15	8,61	1,19
Tratamento	M-SOY 8001		
	Altura das plantas (cm)	Altura de inserção da primeira vagem (cm)	Número de vagens ⁽¹⁾
1 – testemunha mantida infestada	87,35 a	16,68 a	6,88 ab
2 – testemunha capinada	79,08 ab	17,68 a	8,17 a
3 – lactofen	74,40 abc	17,63 a	7,05 ab
4 – glyphosate	0,00 d	0,00 b	0,00 c
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	77,43 ab	18,03 a	6,42 b
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	67,70 bc	16,88 a	7,42 ab
7 - chlorimuron-ethyl + bentazon	82,30 a	17,58 a	6,92 ab
8 – glyphosate + imazethapyr	0,00 d	0,00 b	0,00 c
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	68,48 bc	17,15 a	7,12 ab
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	63,18 c	16,48 a	7,57 ab
F (trat)	146,67**	67,95**	86,48**
CV (%)	8,9	12,8	11,5
DMS (Tukey)	13,02	4,30	1,60

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Dados transformados para \sqrt{x} .

Tabela 5 - Médias da massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) em resposta aos tratamentos estudados no ano agrícola 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	M-SOY 7908 RR	
	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 – testemunha mantida infestada	19,65	2535 b
2 – testemunha capinada	20,01	3376 a
3 – lactofen	19,28	3186 ab
4 – glyphosate	20,09	3109 ab
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	19,67	2757 ab
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	19,22	3213 ab
7 - chlorimuron-ethyl + bentazon	19,92	2897 ab
8 – glyphosate + imazethapyr	19,67	3059 ab
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	19,17	3150 ab
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	19,52	3058 ab
F (trat)	1,66 ^{ns}	2,54*
CV (%)	2,60	10,10
DMS (Tukey)	1,22	745,49
Tratamento	M-SOY 8001	
	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1 – testemunha mantida infestada	12,33 a	1995 b
2 – testemunha capinada	12,67 a	3141 a
3 – lactofen	12,20 a	2342 ab
4 – glyphosate	0,00 b	0 c
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl	12,67 a	2311 ab
6 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	11,89 a	2373 ab
7 - chlorimuron-ethyl + bentazon	12,50 a	2068 b
8 – glyphosate + imazethapyr	0,00 b	0 c
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	12,09 a	2686 ab
10 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	12,42 a	2791 ab
F (trat)	304,27**	33,22**
CV (%)	6,00	19,20
DMS (Tukey)	1,45	922,16

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^(ns) – não significativo. * - significativo a 5% de probabilidade. ** - significativo a 1% de probabilidade. **

A análise das Tabelas 3 e 5 revelam a relação direta entre a massa de 100 grãos e a produtividade agrícola. A soja transgênica, no segundo ano, apresentou em todos os tratamentos as maiores massas de grãos e, conseqüentemente, as maiores produtividades. Para a cultivar convencional, essa relação ocorreu no primeiro ano, sendo as maiores produtividades correspondentes às maiores massas de grãos. VIEIRA (2001) observou que, dentre outros fatores da produção, a massa de 100 grãos tem correlação estreita com a produtividade final da cultura da soja.

Controle da Comunidade Infestante

Nas avaliações da comunidade infestante na pré-colheita da soja (estádio R9), as principais plantas daninhas presentes na área experimental do primeiro ano foram: *Alternanthera tenella* Colla (apaga-fogo), *Digitaria nuda* Schumach (capim-colchão), *Cenchrus echinatus* (capim-carrapicho), *E. indica* (L.) Gaertn, *Acanthospermum hispidum* DC. (carrapicho-de-carneiro) e *Amaranthus deflexus* L. (caruru), com 51% de plantas daninhas monocotiledôneas e 49% de dicotiledôneas e predominância de apaga-fogo e capim-colchão.

Para a soja M-SOY 7908 RR (Tabela 6), os tratamentos glyphosate, chlorimuron-ethyl + imazethapyr, glyphosate + imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl proporcionaram controle das plantas daninhas semelhante ao da testemunha capinada, aos 6, 13 e 27 DAA. Aos 20 e 37 DAA, com exceção do lactofen aplicado isolado, os demais tratamentos químicos proporcionaram controle semelhante à testemunha capinada. Na pré-colheita, os tratamentos glyphosate isolado e em mistura com imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl resultaram em melhor controle das plantas daninhas, quando comparados aos demais tratamentos químicos.

Para a soja M-SOY 8001, dos 6 aos 27 DAA, os tratamentos glyphosate, lactofen + chlorimuron-ethyl, glyphosate + imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl proporcionaram controle das plantas daninhas similar ao da testemunha capinada. Já, aos 37 DAA, os tratamentos lactofen + chlorimuron-ethyl, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl possibilitaram controle semelhante ao da testemunha capinada. Na pré-colheita, foi evidenciado controle inferior com todos os tratamentos químicos comparados à testemunha capinada, exceção de lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl, o que pode ter ocorrido pelo final do ciclo da soja, quando as plantas se encontravam sem folhas, propiciando a germinação e emergência das plantas daninhas pela exposição do solo à luminosidade, dando condições satisfatórias ao crescimento das plantas daninhas (Tabela 6).

No segundo ano, a área experimental foi composta basicamente por *A. tenella*, *D. nuda*, *Panicum maximum* Jacq. (capim-colonião), *E. indica*, *C. echinatus*, *Amaranthus deflexus* (caruru) e *Ipomoea* spp. (corda-de-viola), com 72% de dicotiledôneas e 28% de monocotiledôneas e predominância de apaga-fogo e capim-colchão.

Verificou-se para a cultivar M-SOY 7908 RR, aos 6 DAA, que todos os tratamentos químicos proporcionaram controle das plantas daninhas inferior ao da testemunha capinada (Tabela 7). Nas avaliações realizadas aos 13, 20, 27, 37 DAA e na pré-colheita, os tratamentos com glyphosate isolado e glyphosate associado ao imazethapyr resultaram em controle similar ao da testemunha capinada. A mistura lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl ocasionou controle similar à testemunha dos 20 DAA até a pré-colheita, indicando ser a mistura de herbicidas com mecanismos de ação diferentes uma boa estratégia para o controle de plantas daninhas.

Para a M-SOY 8001, dos 6 aos 37 DAA, os tratamentos glyphosate isolado e glyphosate + imazethapyr ocasionaram controle similar ao da testemunha

capinada. Os demais tratamentos com exceção de lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr aos 27 e 37 DAA, proporcionaram controle das plantas daninhas inferior ao da testemunha capinada. Isso pode ser explicado pelo maior tempo gasto por esse cultivar no seu desenvolvimento e, conseqüentemente, no fechamento do dossel, favorecendo o desenvolvimento das plantas daninhas pelo menor sombreamento. Na pré-colheita, os tratamentos lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl resultaram em melhor controle quando comparado aos demais tratamentos químicos.

No primeiro ano, para a cultivar M-SOY 7908 RR, observou-se que a aplicação dos produtos influenciou significativamente a matéria seca das plantas daninhas (Tabela 8) na pré-colheita, sendo que a maior massa foi observada na testemunha mantida no mato e os efeitos dos tratamentos químicos não diferiram estatisticamente entre si. Para a M-SOY 8001, com exceção de glyphosate e glyphosate + imazethapyr que apresentaram maiores valores de matéria seca das plantas daninhas, os demais tratamentos químicos não diferiram estatisticamente da testemunha mantida infestada.

No segundo ano, para a cultivar M-SOY 7908 RR, os tratamentos glyphosate, glyphosate + imazethapyr proporcionaram valores nulos, os quais diferiram estatisticamente dos tratamentos lactofen + chlorimuron-ethyl, chlorimuron-ethyl + bentazon e testemunha mantida infestada, que resultaram em maiores valores de massa seca. Para a M-SOY 8001, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos químicos e nem destes para a testemunha mantida infestada.

Analisando-se os dados de matéria seca, observou-se maiores valores no segundo ano agrícola para as duas cultivares estudadas. Isto pode ter ocorrido devido à alta infestação de plantas daninhas, o que não aconteceu na área em que foi desenvolvido o experimento no primeiro ano.

Tabela 6 – Porcentagem de controle de plantas daninhas observado em área de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) em relação aos dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos no ano agrícola 2006/2007. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	M-SOY 7908 RR					
	6 DAA	13 DAA	20 DAA	27 DAA	37 DAA	Pré-colheita
T1	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T2	86 b	86 b	89 b	89 c	89 b	86 bc
T3	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T4	87 b	87 b	91 ab	91 bc	91 ab	81 c
T5	96 a	96 a	96 ab	94 abc	94 ab	82 c
T6	85 b	85 b	91 ab	86 c	91 ab	86 bc
T7	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T8	100 a	100 a	100 a	99 ab	97 ab	90 abc
T9	99 a	100 a	99 a	99 ab	99 a	94 ab
F (trat)	14,40**	15,76**	6,34**	9,22**	5,75**	12,37**
CV (%)	3,67	3,55	3,79	3,74	3,89	4,75
DMS (Tukey)	8,36	8,12	8,77	8,56	8,96	10,41
Tratamento	M-SOY 8001					
	6 DAA	13 DAA	20 DAA	27 DAA	37 DAA	Pré-colheita
T1	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T2	90 c	85d	90 c	90 d	90 d	87 d
T3	100 a	100 a	100 a	97 ab	94 c	0 e
T4	98 a	98 a	98 ab	96 bc	97 ab	94 bc
T5	95 b	95 b	95 b	95 bc	95 bc	95 bc
T6	89 c	89 c	85 d	92 cd	92 cd	92 c
T7	100 a	100 a	100 a	100 a	95 bc	0 e
T8	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	96 ab
T9	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	96 ab
F (trat)	120,16**	185,56**	32,43**	28,15**	26,86**	2830,26**
CV (%)	0,90	0,90	2,00	1,45	1,46	2,14
DMS (Tukey)	2,00	2,00	4,63	3,37	3,36	3,78

T1 – testemunha capinada; T2 – lactofen; T3 – glyphosate; T4 - lactofen + chlorimuron-ethyl; T5 - chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T6 - chlorimuron-ethyl + bentazon; T7 - glyphosate + imazethapyr; T8 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T9 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 7 – Porcentagem de controle de plantas daninhas observado em área de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) em relação aos dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas no ano agrícola 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	M-SOY 7908 RR					
	6 DAA	13 DAA	20 DAA	27 DAA	37 DAA	Pré-colheita
T1	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T2	37 cd	26 c	6 c	0 d	0 d	64 bc
T3	79 b	91 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T4	35 cd	20 c	29 bc	0 d	0 d	39 c
T5	29 d	37 bc	40 bc	30 cd	30 cd	37 c
T6	12 e	32 bc	10 c	0 d	0 d	5 d
T7	75 b	94 a	99 a	100 a	100 a	100 a
T8	42 c	60 b	65 ab	57 bc	57 bc	75 ab
T9	32 cd	57 b	91 a	80 ab	80 ab	82 ab
F (trat)	180,72**	28,18**	21,25**	50,95**	50,95**	33,19**
CV (%)	8,66	20,25	28,55	24,37	24,37	17,45
DMS (Tukey)	10,24	28,06	41,19	30,44	30,44	28,04
Tratamento	M-SOY 8001					
	6 DAA	13 DAA	20 DAA	27 DAA	37 DAA	Pré-colheita
T1	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T2	26 bc	0 c	2 d	0 d	0 d	15 c
T3	87 a	100 a	96 ab	92 ab	86 ab	0 c
T4	20 bc	15 c	14 d	0 d	0 d	22 c
T5	36 b	47 b	55 c	55 c	50 bc	41 bc
T6	4 c	6 c	0 d	0 d	0 d	17 c
T7	92 a	99 a	95 ab	89 ab	79 ab	0 c
T8	45 b	60 b	70 bc	72 abc	80 ab	75 ab
T9	35 b	55 b	57 c	62 bc	40 c	81 ab
F (trat)	34,44**	46,46**	44,83**	35,50**	25,88**	15,55**
CV (%)	24,00	22,09	22,06	26,77	32,94	48,37
DMS (Tukey)	28,62	28,48	20,00	33,70	38,28	45,56

T1 – testemunha capinada; T2 – lactofen; T3 – glyphosate; T4 - lactofen + chlorimuron-ethyl; T5 - chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T6 - chlorimuron-ethyl + bentazon; T7 - glyphosate + imazethapyr; T8 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T9 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr + haloxyfop-methyl

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** - significativo a 1% de probabilidade

Tabela 8 – Média da produção da matéria seca (g m^{-2}) das plantas daninhas observada em área de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) em relação aos dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	2006/2007	
	M-SOY 7908 RR	M-SOY 8001
1 – testemunha mantida infestada	418,29 a	229,13 bc
2 – lactofen	92,17 b	57,08 c
3 – glyphosate	0,00 b	605,30 a
4 – lactofen + chlorimuron-ethyl	126,90 b	23,97 c
5 – chlorimuron-ethyl + imazethapyr	105,29 b	39,33 c
6 – chlorimuron-ethyl + bentazon	124,14 b	99,54 c
7 – glyphosate + imazethapyr	0,00 b	451,17 ab
8 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	51,36 b	22,50 c
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	49,60 b	10,77 c
F (trat)	8,92 **	9,35*
CV (%)	78,49	82,86
DMS (Tukey)	202,95	340,73
Tratamento	2007/2008	
	M-SOY 7908 RR	M-SOY 8001
1 – testemunha mantida infestada	794,00 ab	1001,79 a
2 – lactofen	283,34 bc	781,84 a
3 – glyphosate	0,00 c	745,29 a
4 – lactofen + chlorimuron-ethyl	816,92 a	427,22 a
5 – chlorimuron – ethyl + imazethapyr	298,26 abc	701,12 a
6 – chlorimuron-ethyl + bentazon	722,30 ab	993,39 a
7 – glyphosate + imazethapyr	0,00 c	692,23 a
8 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr	172,86 c	251,24 a
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl	105,61 c	160,21 a
F (trat)	9,41**	2,08 ^{ns}
CV (%)	61,52	65,10
DMS (Tukey)	524,98	1001,04

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* - significativo a 5% de probabilidade. ** - significativo a 1% de probabilidade.

Conclusões

Os herbicidas utilizados foram seletivos para a soja; exceção dos tratamentos com glyphosate na soja M-SOY 8001. Na condição de baixa infestação de plantas daninhas, os herbicidas aplicados foram eficazes no controle destas. Na área com maior infestação de plantas daninhas, a aplicação de glyphosate isolado ou em mistura com imazethapyr proporcionou melhor controle das plantas infestantes.

Referências

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999, p. 32.

BARROS, C. A.; UEDA, A.; SCHUMM, K. C. Eficiência e seletividade do lactofen em mistura com outros latifolicidas no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **R. Bras. Herbic.**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 79-84, 2000.

BERLATO, M. A. Bioclimatologia da soja. In: MYIASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 175-184.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 256-277.

CAROL - Cooperativa dos Agricultores da Região de Orlândia. **A soja na safra atual 2006/2007**. Disponível em <www.carol.com.br> . Acesso em 12 nov. 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, Brasília, v. 12, n. 1, p.13-20, 1994.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2007/2008**: décimo segundo levantamento, setembro, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 03 out. 2008.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, Jr., R. S.; MACIEL, C. D. G. Avaliação de misturas em tanque de imazethapyr com outros herbicidas para o controle de *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla* em soja. **Rev. Bras. Herbic.**, Brasília v.1, n.1, p.73-78, 2000.

DAMIÃO FILHO, C. F.; CORSO, G. M.; ANDRADE, V. M. de M. Efeitos do herbicida lactofen sobre três cultivares de soja. **Planta Daninha**, Brasília, v. 10, n. 1-2, p. 17 – 24, 1992.

DURIGAN, J. C.; PEREIRA, W. S. P.; LEITE, G. J. Controle químico de plantas daninhas com herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja (*Glycine max*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 16, 1986, Campo Grande: SBHED. **Resumos...** Campo Grande, 1986. p. 52.

ELMORE, R. W.; ROETH, F. W.; KLEIN, R. N.; KNEZEVIC, S. Z.; MARTIN, A.; NELSON, L. A.; SHAPIRO, C. A. Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate. **Agron. J.**, Madison, v. 93, n. 2, p. 404-407, 2001.

EWRC. European Weed Research Council –. Citee of methods in weed research. **Weed Res.**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 88. 1964.

FOLONI, L. L.; RODRIGUES, D.; FERREIRA, F.; MIRANDA, R.; ONO, E. O. Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no cerrado. **Rev. Bras. Herbic.**, Brasília, n. 3, p. 47-58, 2005.

HEIFFIG, L. S. **Interação herbicida pós-emergente lactofen e micronutrientes Co e Mo aplicados via foliar na cultura da soja**. 2006. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KRAUSZ, R.F.; YOUNG, B.G. Response of glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) to trimethylsulfonium and isopropylamine salts of glyphosate. **Weed Technol.**, Champaign, v.15, n.4, p. 745-749, 2001a.

KRAUSZ, R.F.; YOUNG, B.G. Response of double-crop glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) to broadleaf herbicides. **Weed Technol.**, Champaign, v. 15, n. 2, p. 300-305, 2001b.

LAMEGO, F. P. FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; SCHAEGLER, C. E. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja – II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 4, p.491-498, 2004.

MELHORANÇA, A. L.; PEREIRA, F. A. R. Eficiência do herbicida lactofen no controle de *Euphorbia heterophylla* resistente aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **Rev. Bras. Herbic.**, Brasília, v.1, n.1, p. 53-56, 2000.

PETTER, F. A. PROCÓPIO, S. O.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BARROSO, A. L. L.; PACHECO, L. P. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 557-566, 2007.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PROCÓPIO, S.O.; MENEZES, C. C. E.; BETTA, L.; BETTA, M. Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 365-373, 2007.

RITCHIE, S.W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Yowa State University of Science and Technology, 1977. 20 p. (Special Report, 53).

ROMAN, E. S. Estresses ocasionados por fitotoxicidade de herbicidas. In: BONATO, E. R. (ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 123 – 126, 2000.

SOUZA, R. T.; CONSTANTIN, J.; VELINI, E. D.; MONTORIO, G. A.; MACIEL, C. D. G. Seletividade de combinações de herbicidas latifolicidas com lactofen para a cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 99-106, 2002.

STROHER, I.H.; HADEN, E. Avaliação da eficiência e seletividade de bentazon em mistura com outros herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos**. Londrina: SBHED, 1993. p. 94-95.

VARGAS, L.; SILVA, A. A.; BORÉM, A.; REZENDE, S. T.; FERREIRA, F. A.; SEDIYAMA, T. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Viçosa: UFV, 1999. 131p.

VIEIRA, E. L. **Avaliação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max*) Merrill, feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e o arroz (*Oryza sativa*)**. 2001. Tese

(Doutorado). Escola Superior de agricultura “Luiz de queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

WICHERT, R.A.; TALBERT, R.E. Soybean [*Glycine max* (L.) Merrill response to lactofen. **Weed Sci.**, Champaign, v. 41, n. 1, p. 23-26, 1993.

CAPÍTULO 3 - ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA DE SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

RESUMO - Misturas de herbicidas visam o aumento do espectro de controle de plantas daninhas, sendo uma prática cada vez mais utilizada na agricultura. Com o objetivo de avaliar a influência da aplicação de herbicidas em pós-emergência na atividade fotossintética de duas cultivares de soja (M-SOY 7908 RR e M-SOY 8001), sendo os efeitos mensurados por meio da razão de fluorescência F_v/F_m e teor relativo da clorofila total, foi desenvolvido experimento em condições de campo, nos anos 2006/2007 e 2007/2008, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos constaram da aplicação de herbicidas isolados e em misturas: lactofen (168 g ha^{-1}), glyphosate (1080 g ha^{-1}), lactofen + chlorimuron-ethyl ($96 + 10 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$), chlorimuron-ethyl + bentazon ($10 + 600 \text{ g ha}^{-1}$), glyphosate + imazethapyr ($900 + 70 \text{ g ha}^{-1}$), lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr ($96 + 10 + 70 \text{ g ha}^{-1}$) e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxifop-methyl ($96 + 10 + 70 / 60 \text{ g ha}^{-1}$). Além disso, foram mantidas duas testemunhas sem aplicação de herbicida (capinada e mantida infestada). As avaliações foram realizadas aos 4; 11; 18; 25 e 32 dias após aplicação dos herbicidas (DAA) no primeiro ano e aos 6, 14, 21, 28 e 35 DAA no segundo. Para o parâmetro fluorescência da clorofila (F_v/F_m), a cultivar M-SOY 8001 foi suscetível à aplicação dos herbicidas, principalmente às misturas contendo lactofen + chlorimuron-ethyl e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr + haloxifop-methyl os quais provocaram redução no rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m). Em relação ao teor relativo de clorofila total, os dois cultivares apresentaram suscetibilidade aos herbicidas quando tratados com lactofen aplicado isolado e nas misturas lactofen + chlorimuron-ethyl, chlorimuron-ethyl + imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr + haloxifop-methyl com redução nos teores de

clorofila. Estes resultados foram constatados principalmente nas primeiras épocas de avaliação (4 a 14 dias após a aplicação). Porém, esses danos foram reversíveis, desaparecendo gradativamente com o desenvolvimento da cultura.

Palavras-Chave: fluorescência, clorofila, *Glycine max*, herbicida, pós-emergência

Introdução

A cultura da soja, assim como qualquer outra cultura, sofre as conseqüências da interferência das plantas daninhas e, atualmente, a forma mais empregada para minimizar essa interferência é o emprego de herbicidas. Os herbicidas controlam as plantas daninhas interferindo em processos metabólicos e fisiológicos vitais para essas plantas. Geralmente, inibem a atividade de uma enzima/proteína na célula e, como conseqüência, desencadeiam uma série de eventos que matam ou inibem o desenvolvimento da célula e do organismo (MELHORANÇA & PEREIRA, 2000). Segundo o HRAC (2008), os herbicidas são classificados alfabeticamente, de acordo com seus sítos de ação, modo de ação, similaridade de sintomas ou classes químicas. No caso de herbicidas inibidores de fotossíntese, eles são classificados em C1, C2 e C3 (inibição da fotossíntese no Fotossistema II) e D (inibição da fotossíntese no Fotossistema I); os do grupo C possuem o mesmo modo de ação, mas possuem comportamentos distintos quanto à ligação a proteína D1.

A fotossíntese ocupa uma posição central na biossíntese de plantas, fornecendo uma ligação entre o metabolismo interno da planta e o ambiente externo. Parte da energia luminosa absorvida pelos pigmentos cloroplastídicos da folha durante a fotossíntese é emitida como fluorescência (GLYNN et al., 2003). Medidas da fluorescência das clorofilas, principalmente em relação ao fotossistema II (PSII), e a determinação do teor relativo de clorofila têm sido utilizadas para obter informações qualitativas e quantitativas rápidas sobre o

processo fotossintético, com a vantagem de serem determinações não destrutivas, precisas e rápidas.

A razão de fluorescência F_v/F_m , que indica a eficiência quântica máxima do Fotossistema II (PSII), é empregada como um indicador da capacidade fotossintética nas plantas e tem se tornado importante ferramenta nos estudos do estresse (KRAUSE & WEISS, 1991). Se a planta estiver em condições normais, não-estressantes, seu valor pode variar de 0,75 a 0,85 na maioria das espécies. Valores inferiores a este indicarão estresse e redução da eficiência quântica máxima do fotossistema II e, por conseqüência, do potencial fotossintético da planta (MAXWELL & JOHNSON, 2000). Um declínio em F_v/F_m é um bom indicador de dano quando as plantas são sujeitas a estresses, como frio (BAKER et al, 1983), seca (OGREN & OQUIST, 1985), aplicação de herbicidas (CAYON et al., 1990, CATUNDA et al., 2005) e salinidade (ZANANDREA et al., 2006).

A determinação do teor relativo de clorofila total por meio de um medidor portátil permite medições instantâneas de valor correspondente ao seu teor na folha sem destruí-la e tem sido utilizado para estimar o conteúdo de clorofila em um grande número de espécies de plantas, inclusive soja (YADAVA, 1986; ARGENTA et al., 2001; ZOTARELLI, 2003). O medidor portátil de clorofila, SPAD (Soil Plant Analysis Development), mede a transmissão de luz vermelha a 650 nm, quando ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e de luz infravermelha, a 940 nm, sem absorção. Com base nesses valores, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD, o qual é altamente correlacionado com o teor de clorofila (MARKWELL et al., 1995; SILVEIRA et al., 2003). O teor de clorofila total está diretamente correlacionado às propriedades de fluorescência das moléculas de clorofila (KRAUSE & WEISS, 1991).

CAYON et al. (1990) constataram que os teores de clorofila em soja convencional nos estádios de desenvolvimento V2 e V3 não foram afetados pelo imazaquin nas doses de até $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$.

CATUNDA et al. (2005) constataram que o herbicida amicarbazone promoveu declínio nos teores de pigmentos fotossintéticos em folhas de abacaxi

demonstrando certa seletividade deste herbicida à cultura. No entanto, diuron + paraquat foi letal para a cultura, haja vista a redução nos teores de clorofila *a* e *b* e carotenóides. Dessa forma, os autores concluíram que o tratamento diuron + paraquat causou maiores danos ao aparelho fotossintético das plantas.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da aplicação de herbicidas em pós-emergência na atividade fotossintética de soja convencional (M-SOY 8001) e transgênica (M-SOY 7908 RR), sendo os efeitos mensurados por meio da razão de fluorescência Fv/Fm e teor relativo da clorofila total.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido a campo, nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008, em duas áreas experimentais da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, localizada no município de Jaboticabal – SP, que se encontra à latitude de 21°15'22"S, longitude de 48°18'58"W e altitude de 595 m.

O solo da área experimental do primeiro ano agrícola é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico textura muito argilosa A moderado e relevo suave ondulado e do segundo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico textura argilosa A moderado, relevo suave ondulado (ANDRIOLLI & CENTURION, 1999).

A adubação consistiu da aplicação de 300 kg ha⁻¹ de 0 – 20 - 20 e 8 – 20 – 20 no sulco de semeadura no primeiro e segundo ano, respectivamente. A soja transgênica (M-SOY 7908 RR) e convencional (M-SOY 8001) foram semeadas em 8 de dezembro de 2006 e 15 de dezembro de 2007, para o primeiro e segundo ano, respectivamente. A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora, distribuindo-se 18 e 21 sementes por metro no primeiro e segundo ano, respectivamente. Antes da semeadura, nas duas áreas, procedeu-se o tratamento

das sementes com Thiram (300 ml 100 kg⁻¹ de sementes) e inoculação com 2 g de inoculante turfoso por kg de semente.

A soja transgênica é de ciclo precoce, altura média de 70 cm, crescimento determinado, cor da pubescência marrom, cor do hilo preta e altura média de inserção das vagens de 12 cm. A M-SOY 8001 apresenta ciclo semi-precoce, crescimento determinado, cor da pubescência marrom, cor do hilo preta e altura média de inserção das vagens de 12 cm (CAROL, 2007).

Os tratamentos constaram da aplicação de herbicidas isolados e em misturas (Tabela 1) e as testemunhas sem aplicação de herbicida (testemunha capinada e mantida infestada). A utilização de mistura de herbicidas deve-se ao fato desta prática estar se tornando cada vez frequente, uma vez que essas misturas têm demonstrado um aumento do espectro de controle de plantas daninhas e, em alguns casos, uma maior eficiência, devido ao efeito sinérgico dos herbicidas.

Tabela 1 – Tratamentos e doses de herbicidas utilizadas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Nome comum	Dose
	i.a ⁽¹⁾ ou e.a ⁽²⁾ (g há ⁻¹)
1 - testemunha mantida infestada	-
2 - testemunha capinada	-
3 - lactofen ⁽³⁾	168
4 - glyphosate ⁽⁴⁾	1080
5 - lactofen + chlorimuron-ethyl ⁽⁵⁾	96 + 10
6 - chlorimuron-ethyl + imazethapyr ⁽⁶⁾	10 + 70
7 - chlorimuron-ethyl + bentazon ⁽⁷⁾	10 + 600
8 - glyphosate + imazethapyr ⁽⁸⁾	900 + 70
9 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr ⁽⁹⁾	96 + 10 + 70
10 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl ⁽¹⁰⁾	96 + 10 + 70 / 60

¹Ingrediente ativo; ²Equivalente ácido, utilizado para o produto glyphosate;

Nomes comerciais: ⁽³⁾ Naja; ⁽⁴⁾ Roundup original; ⁽⁵⁾ Naja + Classic; ⁽⁶⁾ Classic + Dinamaz WG; ⁽⁷⁾ Classic + Basagran 600; ⁽⁸⁾ Roundup original + Dinamaz WG; ⁽⁹⁾ Naja + Classic + Dinamaz WG; ⁽¹⁰⁾ Naja + Classic + Dinamaz WG / Verdict

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com dez tratamentos para cada variedade e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por sete linhas de semeadura, espaçadas de 0,45 m, com 5 m de comprimento cada, resultando numa área de 15,75 m².

Os herbicidas foram aplicados quando as plantas de soja se encontravam com o quinto ou sexto (estádio V6 e V7) e quarto ou quinto (estádio V5 e V6) trifólio totalmente expandido, segundo escala fenológica proposta por RITCHIE et al. (1977), no primeiro e segundo ano, respectivamente. O herbicida haloxifop-methyl foi aplicado em seguida da pulverização da mistura lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr para que sua absorção não fosse prejudicada. Foi utilizado pulverizador costal, à pressão constante (mantida pelo CO₂ comprimido) de 2,24 kgf cm⁻², munido de barra com seis pontas de pulverização tipo jato plano "Teejet" XR 110.02, espaçados de 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, registrou-se para a primeira e segunda safras agrícolas, respectivamente, 34°C e 33°C de temperatura do ar; 28°C e 31°C de temperatura do solo; 72% e 52% de umidade relativa do ar; ventos leves com velocidade de 2,0 km h⁻¹ e nebulosidade em torno de 80% e 30%.

Foram avaliados aos 4; 11; 18; 25 e 32 dias após aplicação (DAA) dos herbicidas e aos 6, 14, 21 e 28 DAA no primeiro e segundo ano, respectivamente, a emissão da fluorescência da clorofila (Fv/Fm) e o teor relativo de clorofila. As medições de Fv/Fm foram realizadas por meio da utilização de um fluorômetro portátil (PEA – Hansatech,) em que a folha foi pré-adaptada ao escuro, com a utilização de pinças, por 15 minutos antes das determinações de fluorescência. O teor relativo de clorofila foi determinado com a utilização de clorofilômetro portátil (SPAD 502, Minolta). Estas determinações foram realizadas no folíolo central do trifólio completamente expandido e sempre se utilizou a mesma planta em cada avaliação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A produção quântica máxima do PSII (Fv/Fm) expressa a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII (KRAUSE e WEISS, 1991), podendo, de acordo com HAEHNEL et al. (1982), representar a eficiência quântica do transporte de elétrons através deste fotossistema, sendo também um indicador válido para danos fotoinibitórios.

Em relação à eficiência máxima do Fotossistema II (razão Fv/Fm), poucas diferenças significativas foram encontradas para as duas cultivares estudadas nos anos 2006/2007 e 2007/2008 (Tabela 2). A soja M-SOY 7908 RR não apresentou diferença significativa entre os tratamentos em todas as épocas avaliadas, exceto aos 25 DAA, no primeiro ano, em que a testemunha mantida infestada e a mistura chlorimuron-ethyl + imazethapyr apresentaram razão Fv/Fm = 0,85, valor superior ao tratamento em que foi aplicado lactofen + chlorimuron-ethyl (0,80). Porém, tais valores não são indicativos de estresse, segundo MAXWELL e JOHNSON (2000). Estes resultados são similares aos encontrados por BJORKMAN & DEMMING (1987), que avaliaram a relação Fv/Fm em diferentes espécies e ambientes e encontraram um valor médio de 0,83. No segundo ano não foram observadas diferenças entre os tratamentos.

Para M-SOY 8001, aos 4 DAA no primeiro ano (Tabela 3), a mistura lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl proporcionou valor Fv/Fm (0,63) inferior ao da testemunha mantida infestada (0,73). Enquanto aos 6 DAA, no segundo ano, a testemunha capinada apresentou valor superior (0,80) aos das misturas lactofen + chlorimuron-ethyl (0,66) e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl (0,66), tal comportamento demonstra sintomas de estresse, o que pode ser confirmado pela aparência das folhas e brotos, que se apresentavam enrugados, com sinais de clorose e necrose resultante da perda de clorofila. Contudo, com o desenvolvimento da cultura, esses sintomas foram se tornando menos intensos e desaparecendo completamente, sugerindo que o herbicida tenha causado dano reversível ao aparelho fotossintético da soja e que

a planta tenha conseguido se recuperar sem sintomas aparentes. As plantas tratadas com glyphosate e glyphosate + imazethapyr morreram.

Tabela 2 – Média da razão fluorescência (Fv/Fm) em folhas de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) em relação aos dias após a aplicação dos herbicidas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	2006/2007				
	4 DAA	11 DAA	18 DAA	25 DAA	32 DAA
T1	0,79	0,65	0,83	0,85 a	0,83
T2	0,76	0,82	0,81	0,82 ab	0,79
T3	0,69	0,82	0,83	0,82 ab	0,83
T4	0,79	0,82	0,82	0,82 ab	0,83
T5	0,72	0,79	0,82	0,80 b	0,81
T6	0,80	0,82	0,83	0,85 a	0,83
T7	0,78	0,78	0,82	0,82 ab	0,82
T8	0,77	0,83	0,84	0,84 ab	0,82
T9	0,81	0,83	0,83	0,82 ab	0,82
T10	0,76	0,80	0,82	0,84 ab	0,84
F _{Trat}	1,25 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,54 ^{ns}	3,45**	1,31 ^{ns}
CV (%)	9,06	12,80	2,62	1,98	2,62
DMS (Tukey)	0,17	0,25	0,05	0,04	0,05
Tratamento	2007/2008				
	6 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	
T1	0,74	0,82	0,83	0,82	
T2	0,78	0,81	0,84	0,84	
T3	0,79	0,81	0,83	0,83	
T4	0,77	0,81	0,83	0,84	
T5	0,79	0,73	0,81	0,83	
T6	0,72	0,71	0,81	0,81	
T7	0,77	0,81	0,83	0,82	
T8	0,72	0,77	0,83	0,85	
T9	0,78	0,78	0,83	0,85	
T10	0,77	0,80	0,81	0,85	
F _{Trat}	2,51*	2,22 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,83 ^{ns}	
CV (%)	4,35	6,37	2,23	2,24	
DMS (Tukey)	0,03	0,12	0,04	0,04	

T1 = testemunha mantida infestada; T2 = testemunha capinada; T3 = lactofen; T4 = glyphosate; T5 = lactofen + chlorimuron-ethyl; T6 = chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T7 = chlorimuron-ethyl + bentazon; T8 = glyphosate + imazethapyr; T9 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T10 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/ haloxyfop-methyl.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} – não significativo.

Tabela 3 – Média da razão fluorescência (Fv/Fm) em folhas de soja convencional (M-SOY 8001) em relação aos dias após a aplicação dos herbicidas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	2006/2007				
	4 DAA	11 DAA	18 DAA	25 DAA	32 DAA
T1	0,73 a	0,78 a	0,84 a	0,83 a	0,85 a
T2	0,66 ab	0,81 a	0,82 a	0,84 a	0,84 a
T3	0,72 ab	0,78 a	0,84 a	0,84 a	0,83 a
T4	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0 b
T5	0,71 ab	0,78 a	0,85 a	0,85 a	0,84 a
T6	0,71 ab	0,80 a	0,83 a	0,83 a	0,83 a
T7	0,69 ab	0,76 b	0,84 a	0,84 a	0,84 a
T8	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0 b
T9	0,69 ab	0,77 a	0,83 a	0,83 a	0,83 a
T10	0,63 b	0,76 a	0,84 a	0,84 a	0,85 a
F _{Trat}	223,16**	302,10**	2071,28**	2896,49**	2610,17**
CV (%)	7,10	6,10	2,32	1,96	2,06
DMS (Tukey)	0,09	0,09	0,04	0,03	0,03
Tratamento	2007/2008				
	6 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	
T1	0,76 ab	0,70 a	0,83 a	0,83 a	
T2	0,80 a	0,76 a	0,80 a	0,86 a	
T3	0,72 ab	0,78 a	0,81 a	0,84 a	
T4	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	
T5	0,66 b	0,78 a	0,81 a	0,83 a	
T6	0,77 ab	0,69 a	0,78 a	0,83 a	
T7	0,73 ab	0,77 a	0,80 a	0,85 a	
T8	0,00 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	
T9	0,69 ab	0,69 a	0,78 a	0,84 a	
T10	0,66 b	0,69 a	0,78 a	0,85 a	
F _{Trat}	114,26**	67,63**	287,83**	2567,66**	
CV (%)	9,97	12,92	6,22	2,08	
DMS (Tukey)	0,14	0,18	0,09	0,03	

T1 = testemunha sem capina; T2 = testemunha capinada; T3 = lactofen; T4 = glyphosate; T5 = lactofen + chlorimuron-ethyl; T6 = chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T7 = chlorimuron-ethyl + bentazon; T8 = glyphosate + imazethapyr; T9 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T10 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/ haloxyfop-methyl.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O aparecimento de sintomas de estresse nos primeiros dias após a aplicação dos herbicidas decorre, provavelmente, da aplicação do lactofen, o qual pertence à classe dos difeniléteres, que inibem a enzima protoporfirrogênio oxidase (PROTOX), convertendo o protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX, a qual produz clorofila e citocromos a partir de reações com Mg e Fe, respectivamente (MATRINGE et al., 1989). A ação do herbicida acontece pela competição com a enzima PROTOX pelo substrato protoporfirinogênio-IX impedindo a produção de protoporfirina-IX e resultando em acúmulo de protoporfirinogênio no cloroplasto. A partir deste acúmulo, protoporfirinogênio-IX se difunde para o citoplasma onde é rapidamente convertido para protoporfirina IX por uma enzima peroxidase insensível ao herbicida (JACOBS & JACOBS, 1993). A protoporfirina-IX é um composto fotodinâmico e seu acúmulo no citoplasma quando em presença de luz e oxigênio molecular, origina oxigênio singlete (MEROTTO Jr. & VIDAL, 2001). Esse radical livre, altamente reativo, provoca a peroxidação dos lipídios das membranas (BECERRIL & DUKE, 1989) desestruturando-as e acelerando o processo de aparecimento dos sintomas típicos como clorose e necrose dos tecidos, pela redução do teor de clorofila, ainda nos primeiros dias após a aplicação do herbicida.

Na Tabela 4, pode-se observar os valores médios correspondentes aos teores relativos de clorofila nas folhas de soja M-SOY 7908 RR nos dois anos. Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aos 4 e 11 DAA, no primeiro ano e aos 6 e 14 DAA, no segundo. Aos 4 DAA, o lactofen aplicado isolado proporcionou redução de 12% no teor de clorofila quando comparado a testemunha mantida infestada. As misturas lactofen + chlorimuron-ethyl e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr + haloxifop-methyl resultaram em teor de clorofila 11% inferior ao encontrado na testemunha capinada, aos 11 DAA. Estes resultados sugerem que o lactofen ocasionou inibição de Protox, uma enzima envolvida na biossíntese de citocromos e clorofila na rota fotossintética (DAN HESS, 2000), resultando em sintomas de estresse como o aparecimento de bronzeamento e clorose nas folhas. Aos 6 DAA, a mistura chlorimuron-ethyl +

imazethapyr proporcionou redução no teor relativo de clorofila (24,90) quando comparada à testemunha capinada (34,37). Segundo TREZZI & VIDAL (2001), o chlorimuron-ethyl (do grupo químico das sulfoniluréias) e o imazethapyr (do grupo químico das imidazolinonas) são inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) responsável por catalisar a síntese de três aminoácidos essenciais: valina, leucina e isoleucina. Essa inibição interrompe a síntese protéica que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular, o que ficou constatado pela interrupção temporária do crescimento das plantas de soja assim como murcha e clorose das folhas das plantas.

Aos 14 DAA houve diferença significativa entre as testemunhas (capinada e mantida infestada) e glyphosate aplicado isolado dos tratamentos lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl, em que os dois últimos tratamentos resultaram em teor relativo de clorofila inferior aos três primeiros ocasionando sintomas de estresse visuais nas plantas, tais como: interrupção temporária do crescimento, folhas murchas e cloróticas, os quais desapareceram com o desenvolvimento da cultura. Já aos 18; 25 e 32 DAA no primeiro ano e aos 21, 28 e 35 DAA no segundo ano, não foi observada diferença significativa entre os herbicidas aplicados e os tratamentos testemunhas. Verificou-se nos dois anos que o cultivar transgênico se comportou de maneira semelhante, ou seja, os sintomas de estresse induzidos pela aplicação dos herbicidas evidenciaram-se nas duas primeiras épocas de avaliação e com o desenvolvimento da cultura desapareceram completamente.

Tabela 4 – Média do teor relativo de clorofila total em folhas de soja transgênica (M-SOY 7908 RR) em relação aos dias após a aplicação dos herbicidas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	2006/2007				
	4 DAA	11 DAA	18 DAA	25 DAA	32 DAA
T1	40,40 a	42,4 ab	43,10	42,70	44,30
T2	39,20 ab	44,07 a	43,35	41,60	44,90
T3	35,62 b	41,25 ab	41,52	40,87	43,72
T4	39,82 ab	41,17 ab	42,05	42,27	43,47
T5	37,62 ab	39,12 b	39,85	40,00	42,55
T6	37,82 ab	41,27 ab	42,27	43,82	45,20
T7	39,42 ab	42,37 ab	43,37	42,72	45,82
T8	39,82 ab	41,25 ab	43,25	42,02	44,07
T9	39,02 ab	41,15 ab	42,50	42,95	44,35
T10	38,72 ab	39,17 b	39,20	40,75	41,35
F _{Trat}	2,04 ^{ns}	3,77 ^{**}	2,75 [*]	1,75 ^{ns}	1,44 ^{ns}
CV (%)	5,06	3,65	4,22	4,22	4,93
DMS (Tukey)	4,76	3,67	4,32	4,30	5,27
Tratamento	2007/2008				
	6 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
T1	30,90 ab	41,92 a	38,77	44,65	44,50
T2	34,37 a	43,02 a	41,05	45,87	45,60
T3	30,25 ab	34,32 ab	32,90	43,82	43,72
T4	31,40 ab	43,22 a	40,82	46,40	46,25
T5	29,46 ab	38,65 ab	37,42	44,02	43,97
T6	24,90 b	35,07 ab	34,40	43,27	43,45
T7	32,72 ab	39,67 ab	39,80	45,40	45,37
T8	31,60 ab	39,27 ab	35,97	44,82	44,80
T9	30,10 ab	32,30 b	36,80	43,65	43,10
T10	31,80 ab	32,25 b	34,12	44,00	43,77
F _{Trat}	2,71 [*]	5,19 ^{**}	2,09 ^{ns}	1,80 ^{ns}	2,06 ^{ns}
CV (%)	9,61	9,76	10,71	3,43	3,23
DMS (Tukey)	7,16	9,01	9,69	3,72	3,49

T1 = testemunha mantida infestada; T2 = testemunha capinada; T3 = lactofen; T4 = glyphosate; T5 = lactofen + chlorimuron-ethyl; T6 = chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T7 = chlorimuron-ethyl + bentazon; T8 = glyphosate + imazethapyr; T9 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T10 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/ haloxyfop-methyl.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * - significativo ao nível de 5% de probabilidade. ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade. ns – não significativo.

No primeiro ano, para a soja convencional (Tabela 5), desconsiderando-se os tratamentos em que foram aplicados glyphosate isolado e em mistura com

imazethapyr, que ocasionaram a morte das plantas, apenas aos 18 e 25 DAA foi observada diferença significativa no teor relativo de clorofila nas folhas, comportamento inesperado, pois, nessas épocas os sintomas visuais de estresse já não eram mais constatados. Aos 18 DAA, os teores de clorofila nas folhas dos tratamentos testemunha mantida infestada (41,52), testemunha capinada (41,62) e a mistura lactofen + chlorimuron-ethyl (40,55) foram superiores quando comparados aos tratamentos em que houve aplicação de lactofen (36,27) e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxifop-methyl (36,22), com redução no teor de clorofila da ordem de 13% quando comparado à testemunha capinada. Porém, os três primeiros tratamentos citados, não apresentaram diferença estatística dos tratamentos chlorimuron-ethyl + imazethapyr, chlorimuron-ethyl + bentazon e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr. O teor relativo de clorofila, aos 25 DAA, para o tratamento testemunha mantida infestada (39,97) e a mistura lactofen + chlorimuron-ethyl (39,65) diferiram do tratamento em que foi aplicado lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/ haloxifop-methyl (34,90), ocasionando também redução de 13% quando comparado à testemunha mantida infestada.

No segundo ano, a cultivar comportou-se de maneira diferenciada, pois, desde a primeira avaliação, os tratamentos apresentaram diferenças entre si. Aos 6 DAA, a testemunha capinada apresentou diferença significativa dos tratamentos lactofen aplicado isolado e das misturas chlorimuron-ethyl + imazethapyr, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxifop-methyl com redução no teor de clorofila de 28; 20; 22 e 29%, respectivamente, sendo visíveis sintomas de clorose intensa dos tecidos. Aos 14 DAA, as testemunhas (capinada e mantida infestada) diferiram significativamente de lactofen aplicado isolado e das misturas lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxifop-methyl. Aos 21 DAA, as testemunhas (capinada e mantida infestada) diferiram significativamente de lactofen aplicado isolado e das misturas chlorimuron-ethyl + imazethapyr; lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-

ethyl + imazethapyr/haloxifop-methyl e aos 28 DAA as testemunhas apresentaram diferença significativa apenas da mistura chlorimuron-ethyl + imazethapyr com redução no teor de clorofila da ordem de 25 e 31%, respectivamente.

Tabela 5 – Média do teor relativo de clorofila total em folhas de soja convencional (M-SOY 8001) em relação aos dias após a aplicação dos herbicidas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Tratamento	2006/2007				
	4 DAA	11 DAA	18 DAA	25 DAA	32 DAA
T1	37,90 a	42,00 a	41,52 a	39,97 a	44,10 a
T2	40,02 a	42,50 a	41,62 a	39,00 ab	42,12 a
T3	36,07 a	36,85 a	36,27 b	36,20 ab	41,87 a
T4	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b
T5	34,75 a	36,95 a	40,55 a	39,65 a	42,25 a
T6	36,50 a	40,80 a	40,25 ab	36,97 ab	41,92 a
T7	35,87 a	40,07 a	37,67 ab	37,62 ab	43,75 a
T8	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 b
T9	36,25 a	37,10 a	38,00 ab	36,97 ab	41,80 a
T10	36,87 a	39,15 a	36,22 b	34,90 b	42,15 a
F _{Trat}	176,92**	171,78**	395,29**	315,04**	302,18**
CV (%)	7,96	8,10	5,34	5,97	6,07
DMS (Tukey)	5,69	6,21	4,05	4,37	5,01
Tratamento	2007/2008				
	6 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA	35 DAA
T1	31,85 abcd	40,37 a	40,62 a	39,05 a	41,05 a
T2	35,92 a	39,82 a	42,27 a	42,27 a	39,42 a
T3	26,00 cd	27,55 d	31,20 bc	36,57 ab	40,07 a
T4	0,00 e	0,00 e	0,00 d	0,00 c	0,00 b
T5	33,67 ab	35,12 abc	36,72 abc	35,97 ab	39,47 a
T6	28,57 bcd	34,35 abc	30,27 c	29,07 b	39,12 a
T7	32,65 abc	37,87 ab	37,55 ab	37,62 ab	40,62 a
T8	0,00 e	0,00 e	0,00 d	0,00 c	0,00 b
T9	27,95 bcd	32,17 bcd	31,70 bc	35,40 ab	39,12 a
T10	25,35 d	29,85 cd	32,52 bc	34,42 ab	40,45 a
F _{Trat}	88,49**	137,82**	110,11**	66,68**	472,33**
CV (%)	11,59	9,32	10,41	13,22	4,85
DMS (Tukey)	6,82	6,28	7,16	9,33	3,77

T1 = testemunha mantida infestada; T2 = testemunha capinada; T3 = lactofen; T4 = glyphosate; T5 = lactofen + chlorimuron-ethyl; T6 = chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T7 = chlorimuron-ethyl + bentazon; T8 = glyphosate + imazethapyr; T9 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; T10 = lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/ haloxyfop-methyl.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Conclusões

Em relação à eficiência fotossintética máxima, apenas o cultivar convencional foi suscetível à aplicação dos herbicidas, principalmente às misturas contendo lactofen + chlorimuron-ethyl e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxifop-methyl. Em relação ao teor relativo de clorofila total, as duas cultivares apresentaram suscetibilidade ao lactofen aplicado isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, imazethapyr e haloxifop-methyl com redução nos teores de clorofila.

Referências

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999. Brasília. **Anais**, Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 32.

ARGENTA, G. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Rev. Bras. Fisiol. Vegetal**, Londrina, v. 13, n.2, p.158-16, 2001.

BAKER, N.R.; EAST, T.M.; LONG, S.P. Chilling damage to photosynthesis in young *Zea mays*. **J. Exp. Bot.**, London, v. 34, n. 139, p. 189-197,1983.

BECERRIL, J.M.; DUKE, S.O. Protoporphyrin IX content correlates with activity of photobleaching herbicides. **Plant Physiol.**, v.90, n. 4, p.1175-1181, 1989.

BJORKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, Berlin, v.170, n. 4, p. 489-504, 1987.

CAROL - Cooperativa dos Agricultores da Região de Orlândia. **A soja na safra atual 2006/2007**. Disponível em <www.carol.com.br> . Acesso em 12 nov. 2007.

CATUNDA, M. G.; FREITAS, S. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, C. M. M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005.

CAYON, D. G.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A.; SILVA, J. F. Teores de clorofilas e de proteína bruta em soja (*Glycine Max* (L) Merrill) tratada com imazaquin. **R. Bras. Fisiol. Vegetal**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 33 – 40, 1990.

DAN HESS, F. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Sci.**, Lawrence, v. 48, n. 2, p. 160-170, 2000.

GLYNN, P. FRASER, C. GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **J. Arboriculture**, v. 29, p. 61-65, 2003.

HAEHNEL, W.; NAIRN, J.A.; REISBERG, P.; SAUER, K. Picosecond fluorescence kinetics and transfer in chloroplast and algae. **Biochem. Biophys. Acta**, 680, p. 161 – 171, 1982.

HRAC - Herbicide Resistance Action Committee. Disponível em: <<http://www.hracglobal.com>>. Acessado em: 30 maio 2008.

JACOBS, J.M.; JACOBS, N.M. Porphyrin accumulation and export by isolated barley (*Hordeum vulgare*) plastids. **Plant Physiol.**, San Diego, v.101, n. 4, p. 1181-1187, 1993.

KRAUSE, G.H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, Palo Alto, v. 42, p.313-349, 1991.

MATRINGE, M. J.; CAMADRO, J.; LABETTE, P.; SCALLA, R. Protoporphyrinogen oxidase as a molecular target for diphenyl ether herbicides. **Biochem. J.**, v.260, p.231-235, 1989.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **J. Exp. Bot.**, v. 51, p. 659-668, 2000.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosyn. Res.**, v. 46, p. 467-472, 1995.

MELHORANÇA, A. L.; PEREIRA, F. A. R. Eficiência do herbicida lactofen no controle de *Euphorbia heterophylla* resistente aos herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS). **R. Bras. Herb.**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 53 – 56. 2000.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R.A. **Herbicidas inibidores da Protox**. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). *Herbicidologia*. Porto Alegre, 2001. p. 69-86.

OGREN, E.; OQUIST, G. Effect of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. **Planta**, Berlin, v.166, n. 3, p. 380-388, 1985.

RITCHIE, S.W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 20 p. (Special Report, 53).

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 38, n.9, p. 1083-1087, 2003.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. **Herbicidas inibidores de ALS**. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). *Herbicidologia*. Porto Alegre, 2001. p. 25-36.

YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Virginia, v. 21, n. 6. p. 1449-1450, 1986.

ZANANDREA, I. et al. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **R. Bras. Agrocência**, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.

ZOTARELLI, L. et al. Calibração do medidor de clorofila SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117-1192, 2003.

CAPÍTULO 4 - ALTERAÇÕES MORFO-ANATÔMICAS EM FOLHAS DE SOJA APÓS A APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

RESUMO - Com o objetivo de descrever as alterações morfo-anatômicas em folhas de duas cultivares de soja (M-SOY 7908 RR e M-SOY 8001) submetidas à aplicação de herbicidas, foi desenvolvido experimento em condições de campo, no ano agrícola 2006/2007. Os tratamentos constaram dos herbicidas: lactofen (168 g ha⁻¹), glyphosate (1080 g ha⁻¹), lactofen + chlorimuron-ethyl (96 + 10 g ha⁻¹), chlorimuron-ethyl + imazethapyr (10 + 70 g ha⁻¹), chlorimuron-ethyl + bentazon (10 + 600 g ha⁻¹), glyphosate + imazethapyr (900 + 70 g ha⁻¹), lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr (96 + 10 + 70 g ha⁻¹) e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl (96 + 10 + 70 + 60 g ha⁻¹). Além disso, foi mantida uma testemunha sem aplicação de herbicida. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Seis dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, foram coletados o quinto ou sexto trifólio totalmente expandido das plantas tratadas que apresentavam sinais externos de intoxicação e da testemunha. Para determinação das características anatômicas, assim como a caracterização da superfície foliar das cultivares avaliadas, amostras de lâmina foliar foram coletadas e submetidas à microscopia óptica e eletrônica de varredura, respectivamente. A análise das amostras revelou que o herbicida lactofen isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, imazethapyr e haloxyfop-methyl causou alterações morfológicas externas e internas nas folhas onde foi depositado nas duas cultivares estudadas. As alterações observadas restringiram-se ao sistema dérmico e mesófilo. O glyphosate promoveu alterações morfo-anatômicas nas folhas da cultivar convencional (M-SOY 8001) e os danos expressaram-se por clorose, necrose dos tecidos, plasmólise e deformação de células epidérmicas.

Palavras-Chave: morfologia vegetal, herbicidas, *Glycine max*, sintomatologia

Introdução

O controle das plantas daninhas por meio de herbicidas é um dos métodos mais utilizados em cultivos agrícolas, e sua correta utilização evita a redução ou perda de produtividade das culturas devido à minimização da interferência das plantas infestantes.

Os herbicidas podem penetrar nas plantas por suas estruturas aéreas (folhas, caules, flores e frutos) e subterrâneas (raízes, rizomas, tubérculos, etc), pelas sementes e, também, durante a germinação e a emergência, pela radícula e pelo caulículo (SILVA et al., 2000). Contudo, a folha representa a principal rota de entrada dos herbicidas aplicados em pós-emergência nas plantas (PROCÓPIO et al., 2003).

A aplicação de herbicidas resulta, em maior ou menor grau, em modificações do desenvolvimento e, conseqüentemente, da aparência da planta, agindo nos tecidos meristemáticos e/ou nos já diferenciados (ANDEL et al., 1976).

Nas folhas, a superfície externa é caracterizada pela presença de epiderme e, nesta, encontram-se estruturas tais como estômatos, tricomas e apêndices. A superfície das folhas, com exceção das aberturas dos estômatos, é recoberta pela cutícula, uma camada lipídica, extracelular, cujo principal componente estrutural é a cutina. Sobre a cutícula, deposita-se a cera foliar cuticular, constituindo a interface natural entre as folhas e o meio, tendo como função básica conferir ao vegetal maior resistência à perda d'água e à doenças (MAUSETH, 1988).

A absorção foliar de herbicidas é um processo complexo, envolvendo a passagem de moléculas de herbicidas da superfície externa da folha, através da cutícula para o interior do tecido (DEVINE et al., 1993). Em estudos de absorção, translocação e metabolismo de glyphosate radiomarcado em soja resistente e suscetível a este herbicida, MONQUERO (2003) concluiu que 90% do herbicida aplicado havia sido absorvido 72 horas após a aplicação.

Herbicidas que diferem em estrutura e polaridade atravessam com maior ou menor dificuldade a cutícula. O mecanismo exato de penetração ainda não é

conhecido para todos os produtos, mas admite-se que os compostos não-polares seguem a rota lipofílica e os compostos polares, a rota hidrofílica (SILVA et al., 2000).

Diversos pesquisadores têm se preocupado com o estudo das anormalidades morfológicas em folhas, causadas pela aplicação de herbicidas. Alterações morfológicas externas e internas em folhas de soja três dias após tratamento com lactofen foram observadas por DAMIÃO FILHO et al. (1992) apenas nos locais onde o herbicida foi depositado. Esses autores relataram que a dose maior ($0,36 \text{ Kg ha}^{-1}$) do produto ocasionou necrose às folhas e alterações na epiderme, parênquima, colênquima e nos feixes vasculares adaxiais.

A aplicação de nicosulfuron em pós-emergência na dose de 80 g ha^{-1} em seis híbridos de milho ocasionou descoloração da parte basal das lâminas foliares centrais, enrugamento e enrolamento das extremidades do limbo foliar, aos 7 dias após a aplicação do produto. As alterações anatômicas observadas restringiram-se às células componentes do sistema dérmico (MORO & DAMIÃO FILHO, 1999).

Através da caracterização da superfície foliar de cultivares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas trifloxysulfuron-sodium + ametryn, FERREIRA et al. (2005) não observaram diferenças marcantes quanto a presença de estômatos, tricomas e tipos de ceras epicuticulares, sendo todos muito semelhantes em sua micromorfologia.

MALPASSI (2006) avaliou o efeito do herbicida quizalofop e lactofen sobre a ultraestrutura da superfície foliar de *Eleusine indica* e *Portulaca oleracea*, respectivamente. Verificou que o herbicida quizalofop ocasionou a remoção da cera epicuticular de *Eleusine indica* enquanto que o lactofen provocou plasmólise e colapso das células da superfície foliar de *Portulaca oleracea*.

TUFFI SANTOS et al. (2008) verificaram que a deriva simulada de quatro formulações comerciais de glyphosate sobre a morfo-anatomia foliar de seis clones de *Eucalyptus grandis* ocasionou clorose e necrose às plantas a partir do quarto dia de exposição, independentemente da formulação utilizada. Os herbicidas ocasionaram plasmólise, colapso celular, hipertrofia e formação de

tecido de cicatrização na maioria dos clones estudados, porém, não foram diagnosticadas variações na espessura das folhas.

A morfologia das plantas, principalmente das folhas, influencia a quantidade do herbicida interceptado e retido, porém, são as características anatômicas destas que praticamente determinam a facilidade com que esses produtos serão absorvidos (HESS & FALK, 1990). De maneira geral, os efeitos de herbicidas sobre os vegetais são inúmeros e ainda não totalmente conhecidos.

Diante do exposto, objetivou-se descrever as alterações morfológicas externas e internas nas folhas de duas cultivares de soja (M-SOY 7908 RR e M-SOY 8001) submetidos à aplicação de herbicidas.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em campo no ano agrícola 2006/2007, em solo classificado segundo ANDRIOLLI & CENTURION (1999) como Latossolo Vermelho eutrófico típico textura muito argilosa A moderado e relevo suave ondulado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, localizada no município de Jaboticabal – SP, que se encontra à latitude de 21°15'22"S, longitude de 48°18'58"W Gr. e altitude de 595m.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo utilizados duas cultivares de soja, uma transgênica (M-SOY 7908 RR) e uma convencional (M-SOY 8001). A semeadura da soja foi realizada em 8 de dezembro de 2006 no espaçamento de 0,45 m entre linhas, distribuindo-se 21 sementes por metro, sendo utilizados 300 kg ha⁻¹ de 0 - 20 - 20 (NPK). Antes da semeadura, procedeu-se o tratamento das sementes com Thiran (300 ml 100 kg⁻¹ de sementes). Em seguida, as sementes foram inoculadas com 2g de inoculante turfoso por kg de semente.

A soja transgênica é de ciclo precoce, altura média de 70 cm, crescimento determinado, cor da pubescência marrom, cor do hilo preta e altura média de

inserção das vagens de 12 cm. A M-SOY 8001 apresenta ciclo semi-precoce, crescimento determinado, cor da pubescência marrom, cor do hilo preta e altura média de inserção das vagens de 12 cm (CAROL, 2007).

As parcelas experimentais foram constituídas por sete linhas de semeadura, espaçadas de 0,45 m entrelinhas, com 5 m de comprimento cada, resultando numa área de 15,75 m² (3,15 x 5m). Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de herbicidas isolados e em mistura e a testemunha sem aplicação de herbicida.

Tabela 1 – Tratamentos e doses de herbicidas utilizadas nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

Nome comum	Dose
	i.a ⁽¹⁾ ou e.a ⁽²⁾ (g ha ⁻¹)
1 - testemunha mantida infestada	-
2 - testemunha capinada	-
3 – lactofen ⁽³⁾	168
4 – glyphosate ⁽⁴⁾	1080
5 – lactofen + chlorimuron-ethyl ⁽⁵⁾	96 + 10
6 – chlorimuron-ethyl + imazethapyr ⁽⁶⁾	10 + 70
7 – chlorimuron-ethyl + bentazon ⁽⁷⁾	10 + 600
8 - glyphosate + imazethapyr ⁽⁸⁾	900 + 70
9 – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr ⁽⁹⁾	96 + 10 + 70
10 - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl ⁽¹⁰⁾	96 + 10 + 70 / 60

¹Ingrediente ativo; ²Equivalente ácido, utilizado para o produto glyphosate;

Nomes comerciais: ⁽³⁾ Naja; ⁽⁴⁾ Roundup original; ⁽⁵⁾ Naja + Classic; ⁽⁶⁾ Classic + Dinamaz WG; ⁽⁷⁾ Classic + Basagran 600; ⁽⁸⁾ Roundup original + Dinamaz WG; ⁽⁹⁾ Naja + Classic + Dinamaz WG; ⁽¹⁰⁾ Naja + Classic + Dinamaz WG / Verdict

Os herbicidas foram aplicados quando a soja encontrava-se com o quinto ou sexto (estádio V6 e V7) trifólio totalmente expandido, segundo escala fenológica proposta por RITCHIE et al. (1977). Foi utilizado pulverizador costal, à pressão constante (mantida pelo CO₂ comprimido) de 2,24 kgf cm⁻², munido de barra com seis pontas de pulverização tipo jato plano “Teejet” XR 110.02,

espaçados de 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, registrou-se 34°C de temperatura do ar; 28°C de temperatura do solo; 72% de umidade relativa do ar; ventos leves com velocidade de 2,0 km h⁻¹ e nebulosidade em torno de 80%.

No decorrer do período experimental, foram realizadas aplicações de inseticidas e fungicidas visando principalmente o controle de lagartas, percevejos e da ferrugem asiática, fazendo-se as pulverizações sempre que necessárias.

Seis dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, foram coletados o quinto ou sexto trifólio totalmente expandido das plantas tratadas que apresentavam sinais externos de intoxicação e da testemunha. Os sintomas foram descritos e documentados por meio de fotografias; posteriormente foram retiradas amostras do limbo do folíolo central, onde ocorreram sinais externos de intoxicação. Para a observação ao microscópio óptico, pequenas porções de tecido foliar foram colocadas em frascos de vidro contendo como fixador a solução de FAA₅₀ (JOHANSEN, 1940), com posterior desidratação em série etílica. Estes materiais foram destinados à preparação de lâminas permanentes, sendo incluídos em parafina. Cortes transversais com 12,5 µm de espessura foram obtidos com o auxílio de um micrótomo de rotação, corados com safranina aquosa e, em seguida, as lâminas foram preparadas com resina sintética (bálsamo do Canadá) no Laboratório de Morfologia Vegetal do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da UNESP. A documentação fotográfica foi feita em microscópio óptico acoplado à câmera digital.

Para a análise da superfície epidérmica das folhas em microscopia eletrônica de varredura (MEV), o material botânico foi prensado entre lâminas histológicas para secagem, e depois fixado com fita dupla face em suporte metálico (stubs) e metalizado com ouro, à vacuo. A análise e o registro eletromicrográfico foram realizados em microscópio eletrônico de varredura no Laboratório de Microscopia Eletrônica da FCAV/UNESP.

Resultados e Discussão

Morfologia Externa e Interna

Os danos visuais de intoxicação nas folhas das duas cultivares de soja pulverizadas com lactofen, lactofen + chlorimuron-ethyl, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl, aos 6DAA, foram intensos (Figuras 1 e 2 – B,C,D,E) nos folíolos onde foi depositado o produto. Os sintomas se caracterizaram por bronzeamento, clorose e necrose das lâminas foliares, acompanhadas de deformação (enrugamento) das folhas. DAMIÃO FILHO et al. (1992) relataram sintomas foliares semelhantes em plantas de soja tratadas com 0,18 e 0,36 kg ha⁻¹ de lactofen. Com o decorrer do crescimento das plantas e surgimento de novas folhas não foram mais evidenciados tais sintomas de intoxicação.

As cloroses observadas podem ser reflexos da degeneração dos cloroplastos e/ou inibição da formação da clorofila ocasionada pelos herbicidas, principalmente os inibidores de Protocloroxifenilacetato, como é o caso do lactofen. Segundo RODRIGUES & ALMEIDA (2005), este herbicida é ativado pela luz e destrói as membranas celulares causando necrose e morte dos tecidos.

Não foram evidenciados sintomas visuais de intoxicação nos limbos foliares de M-SOY 7908 RR tratadas com glyphosate isolado e em mistura ao imazethapyr (Figura 1 – F, G). Porém, a cultivar convencional tratada com os mesmos herbicidas (Figura 2 – F, G) apresentou sintomas de fitointoxicação intensos caracterizados por coalescimento e posterior necrose das folhas levando as plantas à morte em aproximadamente dez dias após a aplicação do produto. Provavelmente, houve redução na produção dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano devido à interrupção da rota metabólica do chiquimato. Em estudos com clones de *Eucalyptus grandis* pulverizados com 129,6 g ha⁻¹ de glyphosate TUFFI SANTOS et al. (2008) observou cloroses e necroses a partir do quarto dia de exposição ao produto. Essa mudança de

coloração do tecido foliar pode estar relacionada à degeneração dos cloroplastos verificada por CAMPBELL et al. (1976); KITCHEN et al. (1981) em plantas tratadas com glyphosate.

Por sua vez, as misturas de chlorimuron-ethyl ao imazethapyr e ao bentazon não proporcionaram sinais aparentes de fitointoxicação às duas cultivares de soja (Figuras 1 e 2 – H, I).

Em relação às características anatômicas, os aspectos histológicos qualitativos das folhas das duas cultivares são similares.

A nervura mediana, em secção transversal da testemunha (Figura 3A), mostra-se côncava na epiderme adaxial e convexa na abaxial. Sob a epiderme ocorre colênquima angular, mais desenvolvido adaxialmente. A epiderme é unisseriada, com paredes anticliniais retas. O mesofilo é dorsiventral formado por parênquimas paliçádico e lacunoso (Figura 3B). O parênquima paliçádico, bisseriado e localizado adaxialmente, é constituído por células estreitas, alongadas e justapostas. O parênquima lacunoso, localizado abaxialmente, é formado por células com forma e tamanho irregulares. O sistema vascular está constituído por dois feixes vasculares colaterais, um maior, em forma de arco, com o floema voltado para a face abaxial, e outro menor em disposição inversa ao primeiro, isto é, com floema voltado para face adaxial. Células esclerenquimáticas delimitam externamente o floema (Figura 3A).

As lesões ocasionadas pelos produtos foram semelhantes nas duas cultivares de soja. Exceção aos resultados com aplicação de glyphosate isolado e em mistura com imazethapyr.

As amostras coletadas das folhas pulverizadas com lactofen, lactofen + chlorimuron-ethyl; lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl para os estudos anatômicos apresentaram alterações estruturais nas folhas das duas cultivares. A epiderme da superfície adaxial foi destruída e as células do parênquima paliçádico aparecem desorganizadas, em colapso, ocorrendo plasmólise, apenas nos locais onde o produto foi aplicado. Porém, os tecidos condutores permaneceram intactos (Figura

3 C, D, E, F). De maneira geral, as lesões ocasionadas pelos herbicidas, revelaram-se pelo colapso de células da epiderme adaxial e marcante distorção do parênquima palicádico adjacente. Isto Pode ser explicado, segundo RIZZARDI et al. (2004), pela baixa ou ausência de translocação do lactofen nas folhas. Resultados semelhantes foram obtidos por DAMIÃO FILHO et al. (1992) em plantas de soja submetidas a três doses de lactofen.

Os demais tratamentos químicos não ocasionaram alterações anatômicas nas folhas como pode ser observado na Figura 4 (C, D, E, F). Exceção do tratamento glyphosate isolado (Figura 4A) e em mistura com imazethapyr (Figura 4B) na soja convencional onde o mesofilo foi integralmente desorganizado, observando-se células plasmolisadas e atrofiadas. Resultados semelhantes foram observados por TUFFI SANTOS et al. (2008) em trabalho com clones de *Eucalyptus grandis*.

Caracterização da Epiderme Foliar

A análise da superfície foliar revelou a presença de estômatos em ambas epidermes (Figura 5A, D) caracterizando a folha como anfiestomática, o que de acordo com MOTT et al (1982), têm potencialmente maior capacidade de captar dióxido de carbono e atingir níveis elevados de fotossíntese, em condições adequadas.

Os estômatos são normalmente constituídos por um poro elíptico, localizado na epiderme de folhas, caules herbáceos e partes florais, rodeados por duas células epidérmicas especializadas, as células-guarda (WILKINSON, 1979).

Neste trabalho, os estômatos encontraram-se levemente abaixo do nível das demais células epidérmicas, com células-guarda de grandes ostíolos abertos (Figura 5B). São classificados como paracíticos (MAUSETH, 1988) com uma ou duas células subsidiárias dispostas paralelamente ao maior eixo do estômato. Em ambas as faces epidérmicas, as células apresentam formato retangular com

paredes espessas além da presença de tricomas (Figura 5C, E) unicelulares longos distribuídos de maneira uniforme em toda a superfície.

Com relação a cera epicuticular, esta encontra-se espalhada na superfície foliar de forma contínua e cobrindo todos os tipos de células. Característica que pode influenciar a absorção da calda pulverizada, pois, de acordo com HESS (1997) citado por MENDONÇA (2004) um dos fatores que afeta a absorção dos herbicidas é a molhabilidade da epiderme foliar que depende da quantidade de cera epicuticular e estrutura física dos tricomas da superfície foliar.

Ao analisar a face foliar adaxial pulverizada com lactofen, lactofen + chlorimuron-ethyl, lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr e lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl, observou-se alteração nas células epidérmicas. A alteração se expressou pela ausência da parede que delimita a célula (Figura 5F) e pela presença de áreas lesadas, com placas que denotam ter havido rupturas causando colapso das células (Figuras 5G, 6C, setas). As células da epiderme abaxial apresentaram-se inalteradas (Figura 5H). Houve retirada da cera epicuticular nas células estomáticas da epiderme adaxial, onde foi depositado o lactofen (Figura 6 A). Além disso, as células da epiderme revelaram-se plasmolisadas e deformadas como pode ser observado na Figura 6B, D, indicados por seta. Resultados semelhantes foram obtidos por MALPASSI (2006) com aplicação de lactofen em *Portulaca oleracea*.

Os tratamentos chlorimuron-ethyl em mistura com imazethapyr e bentazon não ocasionaram alterações às superfícies foliares como pode ser observado nas Figuras 6 E e F.

A aplicação de glyphosate isolado e em mistura com imazethapyr causou lesão na epiderme em forma de placas (Figuras 6G) e desarranjo das células epidérmicas (Figura 6 H) que revelaram-se por plasmólise, colapso celular, atrofia. A superfície foliar da cultivar transgênica não apresentou deformações em suas células quando tratadas com glyphosate e glyphosate + imazethapyr (Figura 7 A, B, C, D).

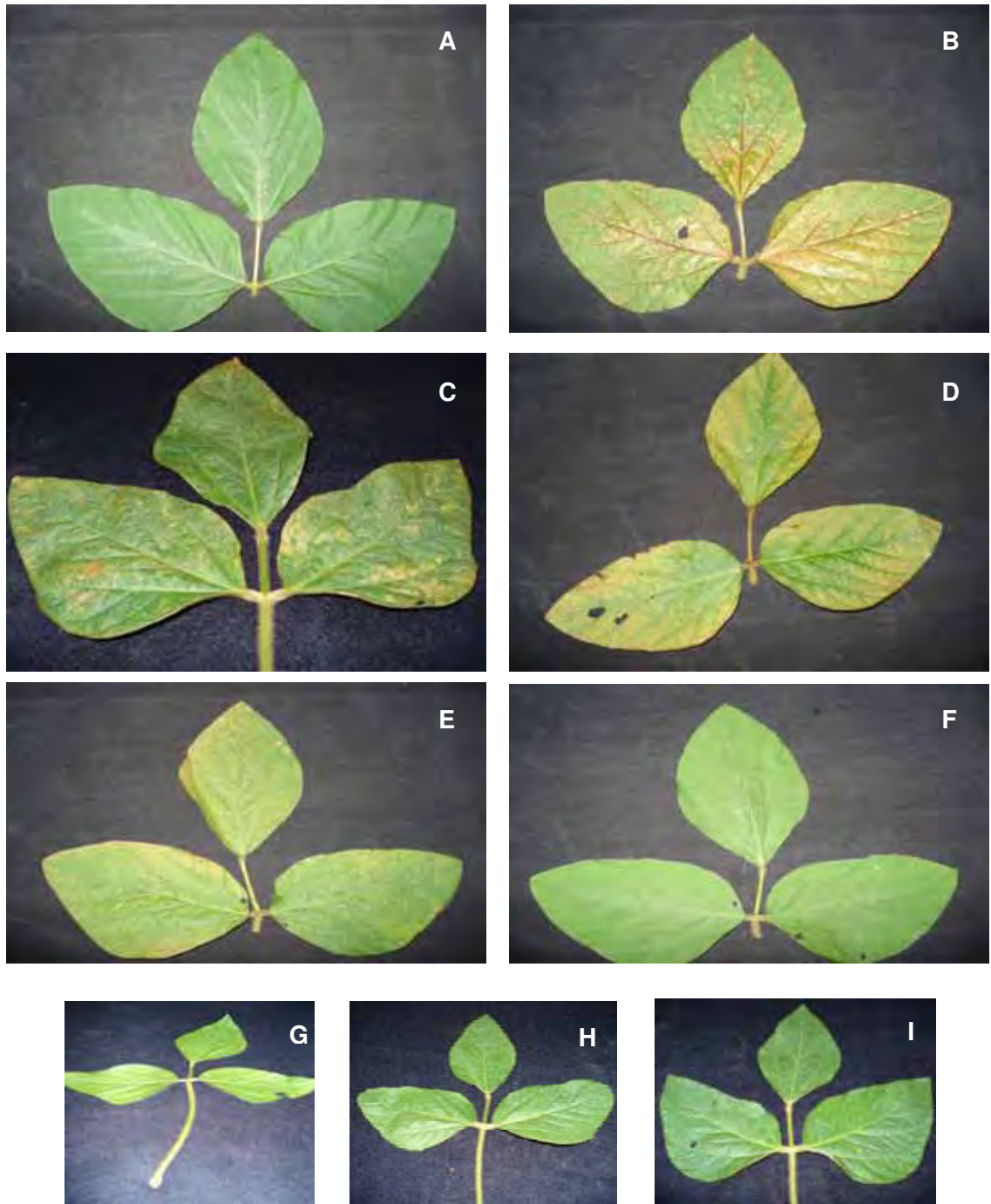


Figura 1 - Sinais macroscópicos de intoxicação causados por herbicidas em folhas de soja M-SOY 7908 RR, aos 6 DAA. A) testemunha; B) lactofen; C) lactofen + chlorimuron-ethyl; D) lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; E) lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl; F) glyphosate; G) glyphosate + imazethapyr; H) chlorimuron-ethyl + imazethapyr; I) chlorimuron-ethyl + bentazon.

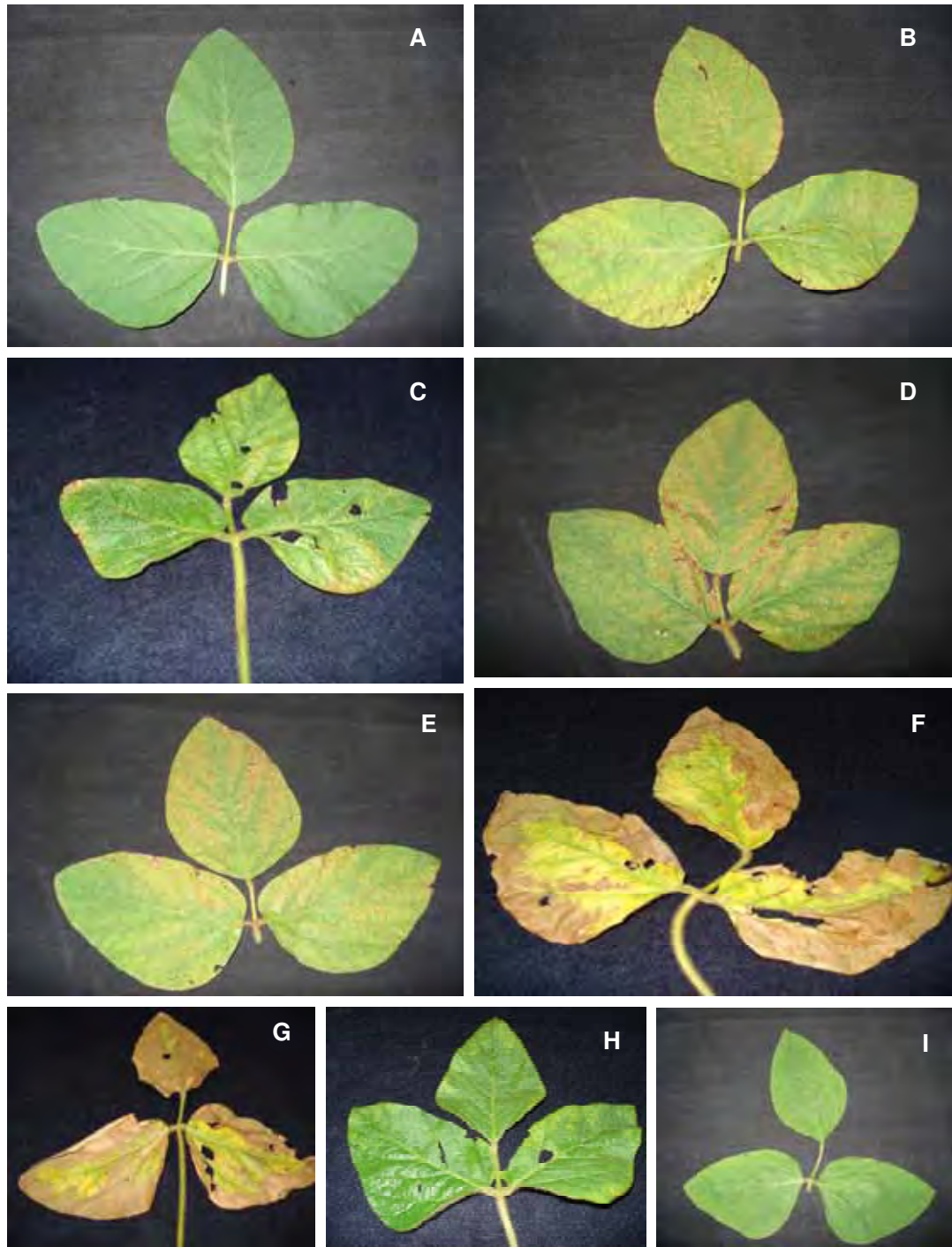


Figura 2 - Sinais macroscópicos de intoxicação causados por herbicidas em folhas de soja M-SOY 8001, aos 6 DAA; A) testemunha; B) lactofen; C) lactofen + chlorimuron-ethyl; D) lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; E) lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr + haloxyfop-methyl; F) glyphosate; G) glyphosate + imazethapyr; H) chlorimuron-ethyl + imazethapyr; I) chlorimuron-ethyl + bentazon.

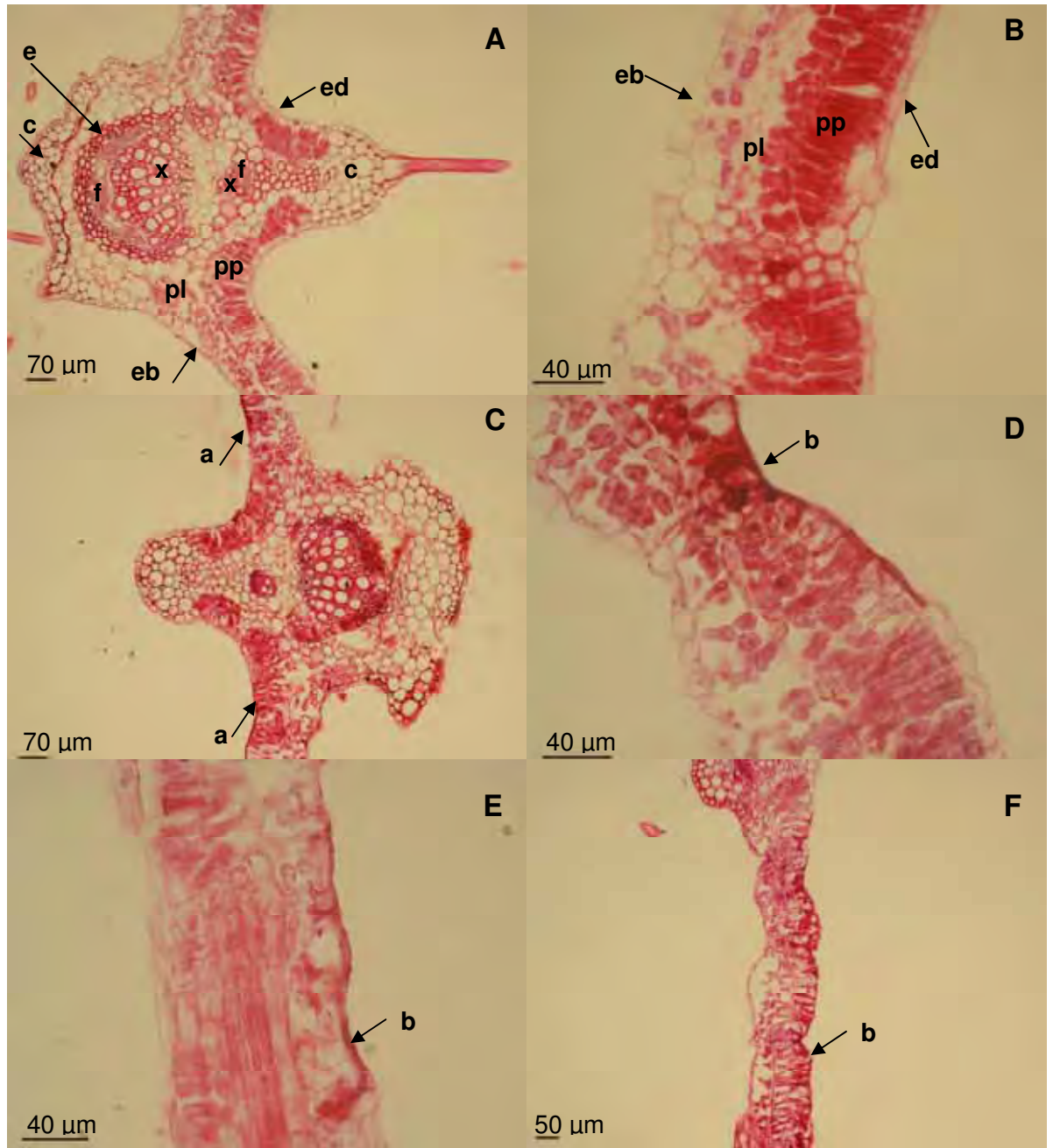


Figura 3 – Secções transversais do folíolo central de folhas de soja submetidas a aplicação de herbicidas. A e B - testemunha; C - lactofen; D - lactofen + chlorimuron-ethyl; E - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr; F - lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr/haloxyfop-methyl. ed – epiderme adaxial; eb – epiderme abaxial; pp – parênquima paliçádico; pl – parênquima lacunoso; x – xilema; f – floema; e – esclerênquima. C – colênquima. a – epiderme adaxial destruída; b – destruição da epiderme e parênquima paliçádico.

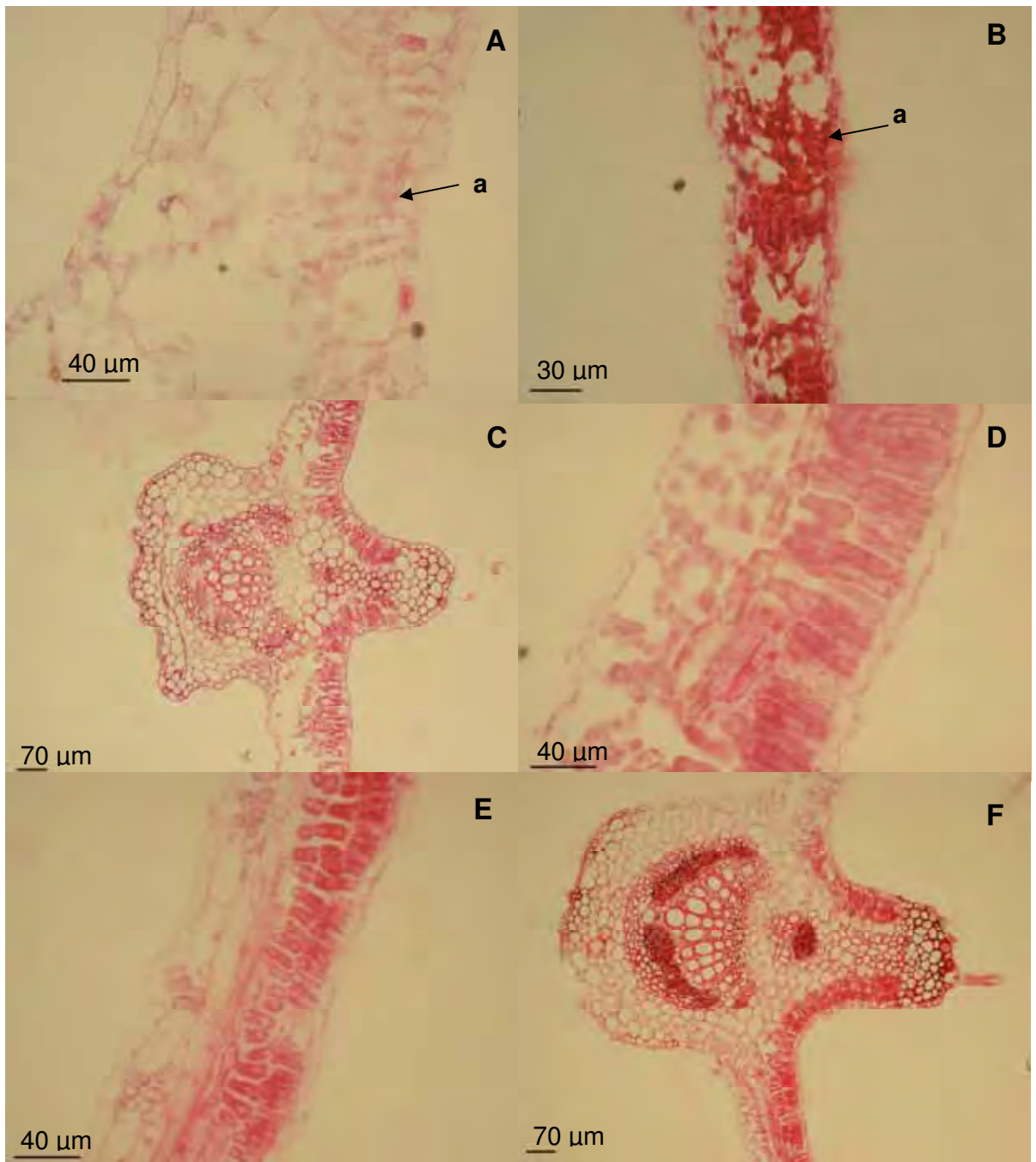
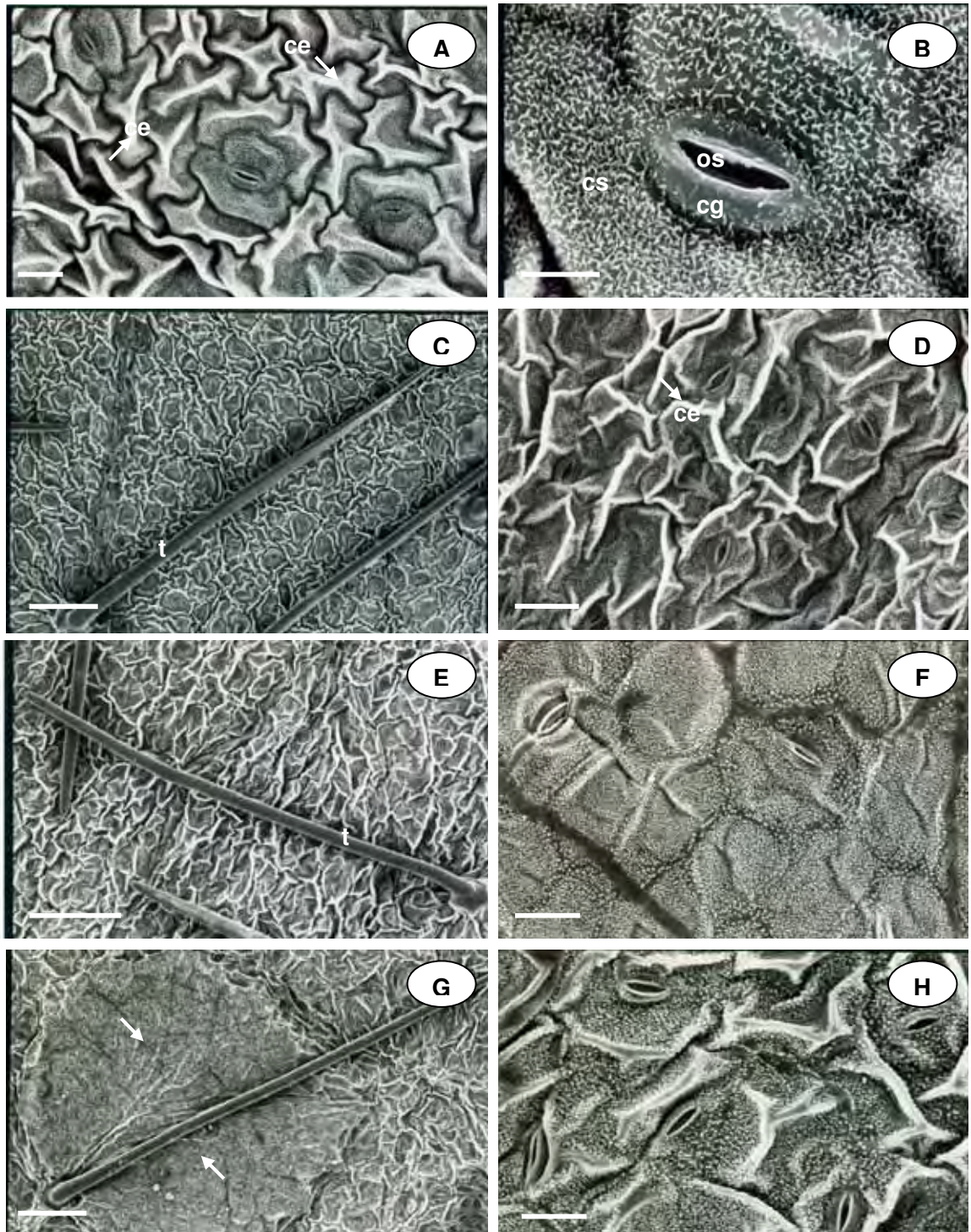


Figura 4 – Secções transversais do fóliolo central de folhas de soja submetidas a aplicação de herbicidas. A – M-SOY 8001: glyphosate; B – M-SOY 8001: glyphosate + imazethapyr; C – M-SOY 7908: glyphosate; D – M-SOY 7908: glyphosate + imazethapyr; E – chlorimuron-ethyl + imazethapyr; F – chlorimuron-ethyl + bentazon. a – destruição da epiderme e tecidos subjacentes; I – L: secções com ausência de sintomas ocasionados pelos herbicidas.



Figuras 5 - Vista frontal da epiderme de folhas de soja M-SOY 8001. A – Testemunha: visão geral da epiderme adaxial; B – Testemunha: detalhe do estômato na epiderme adaxial; C – Testemunha: epiderme adaxial com tricomas; D - Testemunha: visão geral da epiderme abaxial; E - Testemunha: epiderme abaxial com tricomas; F - lactofen: vista geral da epiderme adaxial; G – lactofen: epiderme adaxia, setas indicando área lesionada pelo produto; H – lactofen: epiderme abaxial – células epidérmicas sem alterações. ce – células epidérmicas; cg – célula-guarda; os – ostiolo; cs – célula subsidia'ria; t – tricoma. Barras = A, D, F, H = 10 μ m; B = 5 μ m; C, E, G = 100 μ m.

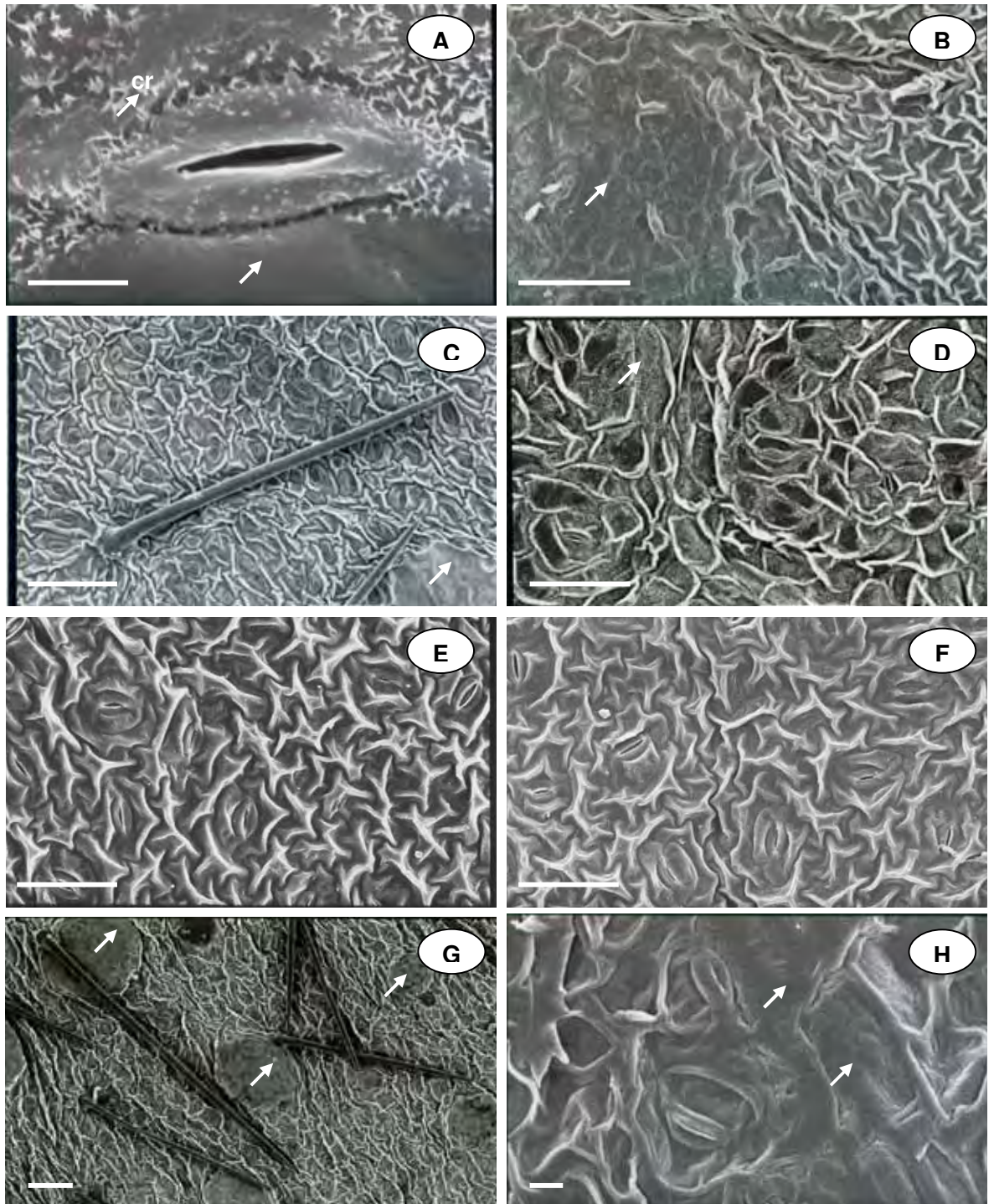


Figura 6. Vista frontal da epiderme de folhas de soja M-SOY 8001. A – lactofen: estomas na epiderme adaxial com retirada de cera, indicado por seta; B – lactofen + chlorimuron-ethyl: células da epiderme adaxial alteradas, indicadas com seta. C – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr: epiderme adaxia com área lesionada pelo produto, indicado por seta. D – lactofen + chlorimuron-ethyl + imazethapyr / haloxyfop-methyl – células planolizadas. E – chlorimuron-ethyl + imazethapyr: vista geral da epiderme adaxial inalterada; F – chlorimuron-ethyl + bentazon: vista geral da epiderme adaxial inalterada; G – glyphosate: vista geral da epiderme adaxial com área lesionada, setas; H – glyphosate + imazethapyr: vista geral da epiderme adaxial com células deformadas. cr – cera epicuticular. Barras: A = 5 μ m; B, D, E e F = 50 μ m; C e G = 100 μ m; H = 10 μ m

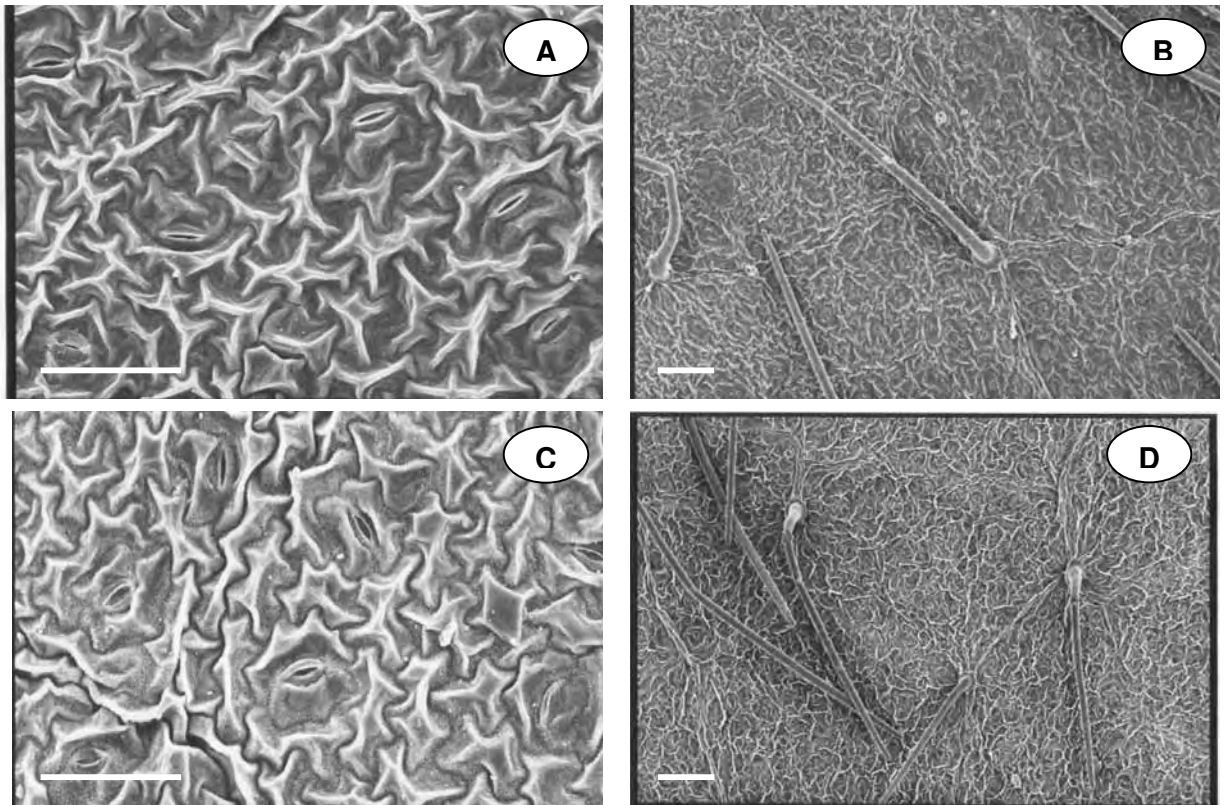


Figura 7. Vista frontal da epiderme de folhas de soja M-SOY 7908. A – glyphosate: visão geral da epiderme adaxial com estômatos; B – glyphosate: visão geral da epiderme adaxial com tricomas; C – glyphosate + imazethapyr: visão geral da epiderme adaxial com estômatos; D – glyphosate + imazethapyr: vista geral da epiderme adaxial com tricomas. Barras = A e C = 50 μ m; B e D = 100 μ m.

Conclusões

Os herbicidas lactofen isolado e em mistura com chlorimuron-ethyl, imazethapyr e haloxyfop-methyl causaram alterações morfológicas externas e internas nas folhas onde foi depositado nas duas cultivares estudadas. As alterações observadas restringiram-se ao sistema dérmico e mesofilo.

O glyphosate promoveu alterações morfo-anatômicas nas folhas na cultivar convencional. Os danos expressaram-se por clorose, necrose dos tecidos, plasmólise e deformação de células epidérmicas, parenquimáticas e do sistema vascular.

Referências

ANDEL, O. M. VAN; ZWEEP, W. van-der; GORTER, C. J. Morphogenetic response of plants. In: AUDUS, L. J. (Ed.). **Herbicides**, 2 ed., London: Academic Press, 1976. v. 2, p. 127 – 163.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999. Brasília. **Anais**, Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 32.

CAMPBELL, W. F.; EVANS, J. O.; REED, F. C. Effect of glyphosate on chloroplast ultrastructure of quack grass mesophyll cell. **Weed Sci.**, Auburn, v. 24, n. 1, p. 22 – 25, 1976.

CAROL - Cooperativa dos Agricultores da Região de Orlândia. **A soja na safra atual 2006/2007**. Disponível em <www.carol.com.br> . Acesso em: 12 nov. 2007.

DAMIÃO FILHO, C.F.; CORSO, G.M.; ANDRADE, V.M.M. Efeitos do herbicida lactofen sobre três cultivares de soja. I – Alterações morfológicas externas e internas de folhas. **Planta Daninha**, Brasília, v. 10, n.1-2, p. 17-24, 1992.

DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. Foliar absorption of herbicides. In: DEVINE, M. D.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. (Ed.). **Physiology of herbicide action**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1993. cap. 11, p. 29-52.

FERREIRA, E. A.; DEMUNER, A. J.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VENTRELLA, M. C.; MARQUES, A. E.; PROCÓPIO, S.O. Composição química da cera epicuticular e caracterização da superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 611 – 619, 2005.

HESS, F.D.; FALK, R.H. Herbicides deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, Champaign, v. 38, n.3, p. 280-288, 1990.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York, MacGraw-Hill Book Co. 1940, 523 p.

KITCHEN, L. M.; WITT, W. W.; RIECK, C. E. Inhibition of chlorophyll accumulation by glyphosate. **Weed Sci.**, Champaign, v. 29, n.4, p. 513 – 516, 1981.

MALPASSI, R. N. Herbicide effects on cuticle ultrastructure in *Eleusine indica* and *Portulaca oleracea*. **Biocell**, v. 30, n. 1, p. 51-56, 2006.

MAUSETH, J. D. Epidermis. In: MAUSETH, J. D. **Plant anatomy**. Califórnia: Cummings Publishing, 1988, cap. 10, p. 167 – 198.

MENDONÇA, C. G. de. **Características das superfícies foliares de algumas plantas daninhas e estudo da absorção e translocação de 2,4-D em *Memora peregrina* (Miers) Sandwith**. 2004. 95p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MONQUERO, P. A. **Dinâmica populacional e mecanismos de tolerância de espécies de plantas daninhas ao herbicida glyphosate**. 2003. 99p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MÔRO, F.V.; DAMIÃO FILHO, C.F. Alterações morfo-anatômicas das folhas de milho submetidas à aplicação de nicosulfuron. **Planta Daninha**, v. 17, n. 3, p. 331-337, 1999.

MOTT, K. A.; GIBSON, A. C.; O'LEARY, J. W. The adaptative significance of amphistomatic leaves. **Plant Cell Environ.**, v. 5, n. 6, p. 455 – 460, 1982.

PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, E.A.; SILVA, E.A.M.; SILVA, A.A.; RUFINO, R.J.N.; SANTOS, J.B. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. III – *Galisonga parviflora*, *Crotalaria incana*, *Conyza bonariensis* e *Ipomoea cairica*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n.1, p. 1-9, 2003.

RITCHIE, S.W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Yowa State University of Science and Technology, 1977. 20 p. (Special Report, 53).

RIZZARDI, M. A.; VARGAS, L.; ROMAN, E. S.; KISSMANN, K. Aspectos gerais do manejo e controle de plantas daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 105-144.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina, 2005. 592 p.

SILVA, A.A. et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: ABEAS, 2000. 260p.

TUFFI SANTOS, L. D.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; MEIRA, R. M. S. A.; TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; MELO, C. A. D.; SILVA, E. F. S. Danos visuais e anatômicos causados pelo glyphosate em folhas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 9 – 16, 2008.

WILKINSON, H. P. The plant surface (mainly leaf): Stomata. In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. (Ed.). **Anatomy of the dicotyledons**. 2 ed. Oxford: Clarendon Press, 1979, cap. 10, p. 97 – 117.

ANEXO

Tabela 1 - Características químicas da camada de solo (0 – 20 cm) das áreas experimentais, anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008. Jaboticabal – SP, 2008.

pH	M.O. em CaCl ₂ g dm ⁻³	P resina mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ +Al ⁺³	SB	T	V %
----- mmol _c dm ⁻³ -----									
2006/2007									
5,5	25	53	10	36	13	25	59	84	70
2007/2008									
4,6	17	19	3,2 63,2	17	9	34	29,2		46

Fonte: Laboratório de Análise de Solo da FCAV/UNESP.

Tabela 2 - Características granulométricas da amostra composta do solo (0 – 20 cm) da área experimental, nos anos agrícolas 2006/2007 e 2007/2008, Jaboticabal – SP.

Argila	Limo	Areia		Classe Textural
		Fina	Grossa	
----- g kg ⁻¹ -----				
2006/2007				
560	240	100	100	Argilosa
2007/2008				
340	40	170	450	Média

Fonte: Laboratório de Análise de Solo da FCAV/UNESP.