

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FABIANO APARECIDO RIOS

Efeitos do lactofen no crescimento e produtividade da soja RR em
diferentes condições edafoclimáticas

MARINGÁ
2016

FABIANO APARECIDO RIOS

Efeitos do lactofen no crescimento e produtividade da soja RR em
diferentes condições edafoclimáticas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Área de concentração: Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.

Co-orientador: Prof. Dr. Jamil Constantin.

MARINGÁ
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

R586e Rios, Fabiano Aparecido
Efeitos do lactofen no crescimento e
produtividade da soja RR em diferentes condições
edafoclimáticas / Fabiano Aparecido Rios. --
Maringá, 2016.

107 f. : il. (algumas color.), figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira
Jr.

Coorientador: Prof. Dr. Jamil Constantin.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento
de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2016.

1. Acamamento - Soja. 2. Ecofisiologia. 3.
Estresse químico - Soja. 4. Estresse hídrico - Soja.
5. Soja - Lignina. 6. Soja - Seletividade. 7. Soja -
Crescimento. I. Oliveira Jr., Rubem Silvério de,
orient. II. Constantin, Jamil, coorient. III.
Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências
Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de
Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 21.ed. 631.89

AMMA-003374

FOLHA DE APROVAÇÃO

FABIANO APARECIDO RIOS

Efeitos do lactofen no crescimento, desenvolvimento e produtividade da
soja

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

APROVADO em 22 de Abril de 2016.

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Alessandro de Lucca e Braccini

Prof. Dr. Cleber Daniel de Goes Maciel

Pesquisador Dr. Fernando Storniolo Adegas

Prof. Dr. Rogério Marchiosi

Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.

(Orientador)

DEDICATÓRIA

A Deus, pela força e esperança. Quanto maiores os obstáculos, maiores seus ensinamentos. Quando mais distante eu me sinto, mais perto ele se faz.

Aos meus amados pais Nivaldo Pereira Rios e Aparecida Nadir Dametto Rios, pela educação, compreensão, carinho, dedicação, motivação e, principalmente, pelo amor.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao Departamento de Agronomia (DAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela excelente formação profissional proporcionada por meio do Curso de Mestrado.

Ao Professor Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr., pela amizade, oportunidade e confiança, pelos valiosos ensinamentos, que sem dúvida alguma levarei comigo por toda vida. Sempre terá meu respeito e admiração, tanto profissional quanto pessoal.

Ao Professor Dr. Jamil Constantin, que esteve presente de forma ativa em mais esta conquista, sua competência, caráter e amizade serviram de exemplo para minha vida e minha carreira.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

Ao Professor Dr. Osvaldo Ferrarese Filho e sua Orientanda Flávia Carolina Moreira Vilar pela disponibilidade e auxílio.

Aos funcionários do Departamento de Agronomia/UEM, Milton Lopes da Silva, Luis Machado Homem e Reinaldo Bernardo, pela disposição e apoio.

À funcionária do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/UEM, Érika Cristina Takamizawa Sato, pelo apoio e amizade.

Aos amigos membros do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas da Universidade Estadual de Maringá (NAPD/UEM), Alessandra Francischini, Alexandre Gemelli, André Colevate, André Cuba, Antonio Neto, Denis Biffe, Diego Alonso, Diován Santos, Eliezer Gheno, Guilherme Braga Pereira Braz, Felipe Fornaza, Felipe Morota, Gines Ortega, Hudson Takano, Hugo Dan, Jethro Osipe, João Arantes, João Padovese, Leandro Reis, Leonardo Pasquini, Lucas Padovese, Luís Franchini, Murilo Pasquini, Naiara Guerra, Osvaldo Tessarollo, Ricardo Raimondi, Rodrigo Baladeli, Rudy Segati, Tiago Bonacin, Vinícius Barizon, Vinicius Polesel, pela amizade e companheirismo durante este período e indispensável colaboração nos trabalhos desenvolvidos.

A minha namorada, Fabianne Martins Ribeiro, pela compreensão, companheirismo e amor, nos bons e não tão bons momentos.

Aos meus pais, Aparecida Nadir Dametto Rios e Nivaldo Pereira Rios, e à minha irmã, Cassiana Cristina Rios, pelo carinho, dedicação e pela presença constante em minha vida.

Aos amigos, Ana Paula Zibetti, Ernani Furuya, Gilberto Barbosa Sandoval Junior, Pedro Vidal Lara, Sidnei Douglas Cavalieri, Pedro Etges Martini e Paulo Henrique Sagrillo.

Enfim, a os envolvidos, direta ou indiretamente, em mais esta etapa da minha vida.

Muito obrigado!

Efeitos do lactofen no crescimento e produtividade da soja RR em diferentes condições edafoclimáticas

RESUMO

A evolução genética das cultivares em conjunto com práticas de manejo proporcionam altas produtividades quando empregadas de forma correta. No entanto, não são raras as situações que levam a cultura da soja ao crescimento excessivo ou reduzido. Nesse contexto, o conhecimento sobre os fatores envolvidos na seletividade de herbidas, como clima, variedade e solo, são em muitos casos determinantes para o sucesso da atividade. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do lactofen aplicado em diferentes condições edafoclimáticas e estádios de desenvolvimento da soja RR sobre o crescimento e produtividade da cultura. Foram realizados três experimentos em condições edafoclimáticas distintas. O primeiro (Experimento 1) foi instalado no Município de Ivaiporã – PR, no ano agrícola de 2012/2013, com a variedade de soja BMX Potência RR[®]. Os tratamentos foram compostos por uma testemunha sem aplicação, uma testemunha sem meristema apical, três doses de lactofen (60, 120 e 180 g ha⁻¹), três doses de cloreto de mepiquat (50, 100 e 200 g ha⁻¹) e Lactofen + chorimuron ethyl (100 + 10,33 g ha⁻¹), todos aplicadas no estágio de desenvolvimento R1/R2. Os Experimentos 2 e 3 foram realizados no ano agrícola de 2013/2014 nos Municípios de Ivaiporã e Maringá – PR, respectivamente. A cultivar utilizada foi a BRS 360 RR[®], ambos foram instalados no esquema fatorial (4 x 3) + 1, sendo: quatro doses de lactofen (60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹); três estádios de desenvolvimento da soja no momento de aplicação do herbicida (V3/V4, V7/V8 e R1/R2); e uma testemunha adicional sem herbicida. De maneira geral todos os tratamentos contendo lactofen causaram fitointoxicação e redução do crescimento da soja, principalmente nas doses mais elevadas. Em condições edafoclimáticas propícias ao crescimento das plantas (Experimento 1) houve acamamento e queda de produtividade. Nesta situação, a aplicação lactofen reduziu o crescimento e o acamamento da soja, aumentou o teor de lignina do caule e, na dose de 180 g ha⁻¹, proporcionou produtividade superior à testemunha. Quando aplicado no início do desenvolvimento da soja, cultivar BRS 360 RR[®], lactofen (60 a 240 g ha⁻¹) causou redução de crescimento transitório das plantas sem, contudo, afetar a produtividade. Quando a aplicação foi realizada em V7/V8 e antecedendo um período de estresse hídrico (Experimento 2), as doses de 180 e 240 g ha⁻¹ de lactofen, proporcionaram fitointoxicação mais persistente e causaram queda de rendimento da cultura. Em condições não restritivas (Experimento 3), somente a dose de 240 g ha⁻¹ de lactofen, aplicada no início do desenvolvimento da cultura, causou redução de produtividade. Sendo assim, em condições de crescimento excessivo da soja, o lactofen aplicado no início do período reprodutivo, na dose de

180 g ha⁻¹, previne a queda de produtividade ocasionada pelo acamamento e pode ser utilizado como regulador de crescimento. Além disso, doses altas de lactofen em conjunto com situações de estresse hídrico aumentam a persistência da fitointoxicação e causam queda de produtividade da cultura da soja.

Palavras-chave: Acamamento. Ecofisiologia. Estresse químico. Estresse hídrico. Lignina. Seletividade.

Effects of lactofen on growth and productivity of RR soybean in different edaphoclimatic conditions

ABSTRACT

The genetic evolution of cultivars together with management practices provide high yields when used correctly. However, they are not rare situations that lead to the soybean to excessive or reduced growth. In this contest, knowledge of the factors involved in selectivity herbidas, such as climate, soil and variety, are in many cases decisive for the success of the activity. Thus, the objective of this work was to study the effect of lactofen applied in different environmental conditions and soybean growth stages RR on growth and crop yield. Three experiments were conducted in different soil and climatic conditions. The first (Experiment 1) was installed in the city of Ivaiporã - PR in 2012/2013, with the variety of soy BMX Potência RR[®]. The treatments consisted of a control without application, a control without apical meristem, three doses of lactofen (60, 120 and 180 g ha⁻¹), three doses of mepiquat chloride (50, 100 and 200 g ha⁻¹) and lactofen + chorimuron ethyl (100 + 10.33 g ha⁻¹), all applied at growth stage R1/R2. Experiments 2 and 3 were performed in the year 2013/2014 in the municipalities of Ivaiporã and Maringá - PR, respectively. The cultivar was BRS 360 RR[®], both were installed in factorial (4 x 3) + 1, as follows: four doses of lactofen (60, 120, 180 and 240 g ha⁻¹); three soybean growth stages at the time of herbicide application (V3/V4, V7/V8 and R1/R2); and an additional control without herbicide. In general all treatments caused phytotoxicity containing lactofen and reduced soybean growth, especially in higher doses. In soil and climate conditions for the growth of plants (Experiment 1) was lodging and yield reduction. In this situation, the application lactofen reduced growth and soybean lodging, increased stem lignin, and at a dose of 180 g ha⁻¹ gave higher productivity than the control. When applied early in the development of soybean, BRS 360 RR[®], lactofen (60 to 240 g ha⁻¹) caused a transient reduction in plant growth without, however, affecting productivity. When the application was conducted in V7/V8 and predating water stress period (Experiment 2), doses of 180 and 240 g ha⁻¹ lactofen, provided phytointoxication more persistent and caused revenue loss of culture. In non-stringent conditions (Experiment 3), only the dose of 240 g ha⁻¹ lactofen applied early in the development of culture, caused reduced productivity. Thus, an excessive soybean growth conditions, lactofen applied at the beginning of the reproductive stage, at a dose of 180 g ha⁻¹ prevents the drop in productivity caused by lodging and may be used as a growth regulator. In addition, high doses of lactofen together with water stress situations increase the persistence of plant injury and cause of soybean yield loss.

Keywords: Lodging. Ecophysiology. Chemical stress. Water stress. Lignin. Selectivity.

SUMÁRIO	
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
CAPÍTULO 1 - Influência da aplicação de lactofen na cultura da soja RR® no início do estádio reprodutivo	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPÍTULO 2 - Influência da aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios fenológicos sobre o crescimento e produtividade da soja no município de Ivaiporã – PR	45
RESUMO	45
ABSTRACT	46
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO 3 - Influência da aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios fenológicos sobre o crescimento e produtividade da soja no município de Maringá – PR	73
RESUMO	73
ABSTRACT	74
INTRODUÇÃO	75
MATERIAL E MÉTODOS	75
RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
CONSIDERAÇÕES GERAIS	103
CONCLUSÕES GERAIS	104
ANEXOS	105

INTRODUÇÃO GERAL

Os processos evolutivos em torno da agricultura muitas vezes são derivados de tecnologias antigas que ressurgem com a finalidade de atender novas demandas ou problemas insurgentes. Também há situações em que práticas, insumos ou conhecimentos são simplesmente adaptados a um fim mais relevante. Recentemente, o setor agrícola presencia com grande alarde o crescimento no número de espécies de plantas daninhas resistentes a herbicidas e a principal preocupação são os biótipos com restrição de controle pelo herbicida glyphosate. Nesse sentido, muitos herbicidas que tiveram seu uso drasticamente reduzido estão retornando ao mercado na forma de novas tecnologias, visando sanar este desafio.

Outro ponto crucial é a constante necessidade de incremento da produtividade e a evolução das cultivares. As características genéticas selecionadas nos programas de melhoramento devem estar alinhadas às necessidades do mercado e ao mesmo tempo propor novos rumos. As variedades de soja que eram cultivadas até a década de 90 tinham como principais características o hábito de crescimento determinado, ciclo médio, folhas arredondadas e resistência moderada ao acamamento. Não eram raras as vezes que produtores relatavam queda de produtividade, em função do acamamento das plantas. Normalmente, este fenômeno ocorria em áreas de maior fertilidade e em anos de elevada precipitação. Como alternativa, os produtores lançavam mão do uso de herbicidas pós-emergentes, principalmente os inibidores da enzima PROTOX, com a finalidade de reduzir o crescimento da soja, por meio de lesões locais às folhas. Como as condições edafoclimáticas nestas situações eram extremamente adequadas a altas produtividades, normalmente estas áreas produziam acima das demais, e por vezes estes resultados eram atribuídos exclusivamente ao uso destes produtos.

O crescimento da área de cultivo e a intensificação dos sistemas de produção ao longo das últimas décadas vêm proporcionando mudanças significativas e cada vez mais rápidas no manejo da soja. Doenças foliares, como ferrugem asiática e aumento nos danos provocados por lagartas surgiram e, ainda, são gargalos importantes que necessitavam de inovações para serem neutralizados ou amenizados. Além disso, a evolução no manejo da fertilidade e o aumento no aporte de fertilizantes acarretaram plantas de maior estatura, que, por consequência, apresentam maior propensão ao acamamento. A junção destes problemas, juntamente com outras particularidades, fez com que variedades de soja com morfologia compacta, hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce e resistência ao acamamento passassem a dominar o mercado. No entanto, os problemas com o acamamento, mesmo numa frequência menor, ainda ocorrem.

Durante a evolução recente das variedades de soja, o controle de plantas daninhas na cultura foi realizado principalmente pelo herbicida glyphosate e, portanto, os estudos de seletividade e comportamento das novas cultivares ficaram concentrados ao inibidor da EPSPs. Em contrapartida, o uso repetitivo desta molécula levou a seleção de plantas daninhas tolerantes e resistentes, tornando os sistemas de cultivos mais complexos e, novamente, dependentes dos herbicidas pós-emergentes inibidores da ALS e PROTOX. Mesmo diante de cultivares de soja, morfológicamente distintas das utilizadas na década de 90, ainda existe a crença, por parte de alguns técnicos e produtores, que os efeitos causados por estes herbicidas, principalmente o inibidor da PROTOX lactofen, proporcionam ganhos de rendimento em função da adequação morfológica da soja, principalmente em situações edafoclimáticas propícias ao crescimento das plantas.

A hipótese do presente trabalho é que a aplicação de lactofen em pós-emergência na cultura da soja proporciona menor crescimento e plantas com morfologia mais compacta e, por consequência, menos propensas as perdas causadas pelo acamamento quando este ocorre.

O objetivo foi avaliar o efeito do lactofen aplicado em diferentes condições e épocas, sobre o crescimento e produtividade da cultura da soja RR em diferentes condições edafoclimáticas.

REVISÃO DE LITERATURA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta que tem como centro de origem a China, de hábito de crescimento originalmente prostrado e introduzida no Ocidente na segunda metade do século XX (Embrapa, 2005). No Brasil, foi introduzida na Bahia em 1882, e depois, na região sul do país, onde apresentou melhor adaptação, face às condições climáticas e de fotoperíodo mais semelhantes aquelas das regiões tradicionais de cultivo, compreendidas entre 35 e 45°N (Verneti, 1983). No ano agrícola 2015/2016 estima-se que a área ocupada será de 120,29 milhões de hectares em todo mundo, com produção de 320,15 milhões de toneladas, sendo que o Brasil contribuirá com 33,30 milhões de hectares e 100,00 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos EUA (USDA, 2016).

Com crescente importância nas civilizações, o processo de melhoramento da soja foi constante, com o objetivo primordial de obter plantas mais produtivas, com ampla faixa de adaptação e, ao mesmo tempo, que atendesse às necessidades ou problemas específicos de cada local ou região de cultivo (Alliprandini, 1993). No entanto, conciliar características tão abrangentes em uma espécie de características que remetem a regiões específicas de cultivo, principalmente devido ao fotoperiodismo, é uma tarefa complexa. Em muitos casos, características importantes para uma microrregião são deixadas em segundo plano na seleção de novas cultivares.

Atualmente, os programas de melhoramento e agricultores buscam variedades que entre outras características apresentam arquitetura “moderna”. Estas plantas têm hábito de crescimento indeterminado, baixas altura e reduzido acamamento (Carniel et. al., 2004). Os folíolos devem ser maiores e com ângulo próximo ao raso no terço inferior e menores, lanceolados e com ângulo menor no terço superior. Estas características visam entre outras coisas, maior penetração de radiação solar e de defensivos agrícolas no dossel. Em experimentos realizados por Bruin & Pedersen (2008), cultivares de soja de arquitetura compacta apresentaram produtividades superiores às de arquitetura tradicional.

No campo, as plantas de soja estão submetidas às mais diversas condições edafoclimáticas, de manejo e à interação entre estas. Nesse sentido, não é incomum algumas cultivares apresentarem maior altura, fato que em alguns casos pode comprometer significativamente a produtividade ou elevar o custo com defensivos.

Entre as formas de manejo empregadas, a que mais influencia a captação de luz pela planta é a população, podendo, ainda, contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo (Amaral Filho et al., 2005). Toda energia necessária à realização da fotossíntese,

processo que transforma o CO₂ atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar (Taiz & Zieger, 2004). Para a cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, alongamento de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e fixação biológica (Câmara, 2000). De acordo com Shibles & Weber (1965), o total de fitomassa seca produzida pela soja depende da porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa interceptada e da eficiência de utilização dessa energia pelo processo fotossintético.

A radiação solar é um dos recursos mais abundantes nos sistemas produtivos. No entanto, raramente as plantas cultivadas dispõem de área adequada para captação total da luz sem competição intraespecífica. A fim de se posicionar de forma privilegiada em relação às plantas competidoras, cada planta lança mão das alternativas que dispõe. A mais comum é o estiolamento (Radosevich et al., 1997; Merotto Jr. et al., 2002, 2009). As células do caule alongam-se longitudinalmente, afim de posicionar suas folhas acima das folhas das demais plantas competidoras. No entanto, esta estratégia reduz o diâmetro de caule e por consequência sua resistência. Deste ponto em diante a sustentação da planta está comprometida, podendo ocorrer o acamamento. Este fenômeno indesejado constitui-se na queda ou arqueamento das plantas em virtude da flexão da haste e/ou mau ancoragem propiciada pelas raízes, o que provoca aumento do autossombreamento das folhas e maior proximidade das vagens ao solo (Balbinot Jr., 2012). A resistência ao acamamento é influenciada pelo tipo de solo e nível de fertilidade, época de semeadura, latitude e altitude do local, população de plantas e pelas condições gerais de desenvolvimento e cultivo (Santos, 1988). Além disso, fatores meteorológicos como precipitações contínuas e tempo nublado (Embrapa, 1979) relacionados às características intrínsecas de cada cultivar, como altura de plantas e teor de lignina, podem ocasionar o acamamento e, conseqüentemente, queda de produtividade.

A lignina é um dos principais compostos da biomassa vegetal, durante o desenvolvimento das células, ela é incorporada como último componente da parede, interpenetrando as fibrilas, garantindo a integridade estrutural, rigidez e resistência aos tecidos lignificados (Vanholme et al., 2010). A presença de lignina nas plantas é fundamental para as junções entre células vizinhas, expansão e enrijecimento dos tecidos, provendo assim, uma forte barreira física contra a invasão de microrganismos (Boudet, 2000). Levando em conta a quantidade de lignina no caule, pressupõe-se que maiores quantidades ofereçam às plantas maior sustentação.

O processo metabólico de deposição de lignina na parede celular é necessário em todos os tecidos das plantas, sendo uma importante etapa durante a expansão celular e o crescimento

do caule. Além de desempenhar papel importante na resistência mecânica de vegetais, também é uma das principais formas de defesa da planta (Buchanan et al., 2000). Em geral, a parede celular se torna lignificada quando há um decréscimo da expansão celular, mas também quando está sob estresse, seja ele biótico ou abiótico, ou, ainda, quando as células, principalmente do xilema, se diferenciam para uma especialização particular (Christensen et al., 1998). Desta forma, mesmo não sendo comum o estudo do teor de lignina em programas de melhoramento, esta característica está intimamente ligada à possibilidade de sucesso de uma cultivar.

O acamamento, independentemente do motivo, dificulta a colheita, reduz a qualidade dos grãos e, dependendo da intensidade e da época, também causa perda de produtividade em decorrência do abortamento de flores e vagens e redução do enchimento dos grãos (Lamego et al., 2015). Pulverizações para controle de doenças e pragas também têm sua eficácia reduzida, visto que fungicidas e inseticidas de contato e até mesmo fisiológicos, dependem da penetração de gotas no dossel para obter eficiência adequada. Doenças como o mofo branco, que tem maior taxa de infecção no florescimento da soja, causam maior dano quanto mais próximo os caules e estruturas reprodutivas estiverem do solo.

A melhor forma de controlar o acamamento é por meio do planejamento antecipado. Medidas que podem contribuir para reduzir o acamamento incluem a utilização de cultivares adequadas, população e espaçamento corretos, época de semeadura dentro do zoneamento agrícola, entre outras. No entanto, nem sempre é possível atender estas prerrogativas. No passado, questões-chave como a escolha de variedades adequadas para cada situação muitas vezes esbarrava na falta de opções. Produtores de regiões com maior altitude, fertilidade alta e temperaturas amenas, muitas vezes não tinham escolha senão semear cultivares susceptíveis ao acamamento. Mesmo hoje, combinações específicas de manejo, clima e solo podem levar as plantas a este estado indesejado.

Uma das alternativas que vêm sendo estudada é a possibilidade de uso de reguladores vegetais com características de retardadores de crescimento. Estes produtos podem atuar modificando a morfologia ou desenvolvimento da planta, reduzindo a dimensão de estruturas vegetativas como o comprimento de entrenós e pecíolos sem comprometer a produtividade. Muitas são as substâncias químicas que ocorrem naturalmente nas plantas, para controlar o seu desenvolvimento. Outros fitorreguladores são sintetizados e agem imitando a ação de hormônios na planta ou, interferindo na ação natural desses hormônios (Tayama et al., 1992). O uso de retardadores de crescimento sintéticos, independentemente do modo de ação, pode evitar o crescimento excessivo das plantas de soja, reduzindo ou anulando o acamamento,

proporcionando desta forma, que os fotoassimilados sejam direcionados para as estruturas reprodutivas.

O Cloreto de Mepiquat, cloreto 1,1-dimetil piperidíneo, é um composto orgânico, pertencente ao grupo químico dos amônios quaternários e solúvel em água. É um produto sistêmico, que é absorvido principalmente pelas partes verdes das plantas, que pode ser incluído no grupo de inibidores da biossíntese do ácido giberélico, sendo, portanto, um inibidor do alongamento celular (Reddy et al., 1995). Reddy et al. (1992) ao avaliarem o efeito do Cloreto de Mepiquat na fotossíntese e crescimento de plantas de algodão, concluíram que o regulador é um produto sistêmico que entra na planta através das folhas, translocado através do xilema e floema e distribuído uniformemente por todas as partes da planta. No campo, este produto é empregado principalmente na cultura do algodão, com o objetivo de controlar o crescimento das plantas, para que o rendimento final não seja comprometido.

Na soja, as relações entre crescimento, desenvolvimento e rendimento de grãos ainda apresentam muitos pontos a serem esclarecidos e produtos com capacidade de influenciar estas variáveis são pouco estudados. No passado, muitos produtores e técnicos observaram que alguns herbicidas, quando aplicados em pós-emergência da cultura da soja, além de controlar as plantas daninhas, reduzem a altura de plantas e o acamamento, e por consequência proporcionavam maiores produtividades. Normalmente estes herbicidas causam paralisação temporária no crescimento da soja.

Entre os herbicidas mais utilizados com este propósito, destaca-se o lactofen. Este herbicida apresenta como mecanismo de ação a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox), que se encontra presente na rota de síntese das clorofilas e de citocromos. Esta rota metabólica também é chamada rota de síntese de porfirinas ou de tetrapirroles (Merotto Junior & Vidal, 2001). A enzima Protox é chave na rota de síntese de porfirinas que acontece no cloroplasto e origina-se a partir do glutamato. O glutamato, após sete reações intermediárias, produz protoporfirinogênio IX, que é oxidado pela enzima Protox, produzindo protoporfirina IX (Matringe et al., 1989; Devine et al., 1993).

A protoporfirina IX produz clorofila e citocromos a partir de reações com Mg e Fe, respectivamente. A ação do herbicida acontece por sua competição com o protoporfirinogênio IX pelo sítio ativo da enzima Protox, impedindo a produção de protoporfirina IX e resultando em acúmulo de protoporfirinogênio IX no cloroplasto. A partir deste acúmulo, o protoporfirinogênio IX se difunde do cloroplasto para o citoplasma, onde é transformado em protoporfirina IX. Este composto altamente fotodinâmico, após oxidação produz oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), que tem como efeito final a peroxidação de lipídios, levando à destruição das

membranas celulares, acarretando estresse oxidativo (Foote et al., 1984; Tripathy, 1994; Gupta & Tripathy, 1999; Moreland, 1999; Tripathy & Singhal, 1999; Merotto Junior & Vidal, 2001; Scott et al., 2001; Watanabe et al., 2001; Carvalho, 2003; Tripathy et al., 2007).

O lactofen é um herbicida de contato, ou seja, apresenta ação local nos tecidos onde é depositado (Oliveira Jr. et al., 2011). Os principais sintomas observados em soja, após sua aplicação são: necrose e encarquilhamento das folhas (McGinnity & Cole, 1985; Sheperd et al., 1984). Normalmente este estresse causa a interrupção transitória do crescimento da cultura, o que geralmente é normalizado após certo período de tempo (Damião Filho et al, 1992; Wichert & Talbert 1993; Roman, 2000; Souza et. al. 2002).

Diante destes resultados, alguns técnicos e agricultores vêm utilizando o lactofen como regulador de crescimento, aplicando o produto em misturas e em estádios avançados de desenvolvimento da soja, mesmo na ausência de plantas daninhas. Buzzello (2010), em experimento com reguladores de crescimento, constatou que o lactofen, aplicado em V7, foi um dos produtos mais eficientes na redução da altura de plantas de soja. Em outro ensaio, descrito na mesma publicação, o autor efetuou a mistura de lactofen com ethephon, com o intuito de reduzir o acamamento de plantas, demonstrando as várias possibilidades de combinação.

Mesmo atualmente, com o grande número de cultivares de soja no mercado, entre elas, várias que se destacam pela resistência ao acamamento e ao glyphosate, ainda existem técnicos e produtores que utilizam o lactofen apenas como regulador de crescimento. Muitos dos argumentos utilizados têm base em informações científicas e práticas realizadas no passado. No entanto, as variedades antigas apresentavam, em sua maioria, hábito de crescimento determinado, folhas grandes, ovaladas, com ângulo de disposição próximo ao raso e ciclo de desenvolvimento maior que as atuais, sendo muito diferentes da maioria das cultivares modernas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLIPRANDINI, L.F.; TOLEDO, J.F.F.; FONSECA JUNIOR, N.S.; KIIHL, R.A.S. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento no período de 1985/ 86 a 1989/90. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.4, p.489-497, 1993.

AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.467-473, 2005.

BALBINOT JUNIOR, A.A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Agropecuária Catarinense**, v.25, n.1, p.40-43, 2012.

BOUDET, A.L. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology Biochemistry**, v.38, n.1/2, p.81-96, 2000.

BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Growth, yield, and yield component changes among old and new soybean cultivars. **Agronomy Journal**, v.101, n.1, p.124-130, 2009.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367p

BUZZELLO, G.L. **Uso de reguladores no controle do crescimento e no desempenho agrônomo da cultura da soja cultivar CD 214 RR**. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR.

CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. 450p.

CARNIEL, L.A.; MENOSSO, R.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Reação de cultivares de soja às doenças de final de ciclo com e sem aplicação de fungicidas. **Unoesc & Ciência - ACET**, v.5, n.1, p.83-90, 2014.

CARVALHO, J.C. Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Ed). **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Londrina: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2003. p.22-44.

CHRISTENSEN, J.H.; BAUW, G.; WELINDER, K.G.; VAN MONTAGU, M.; BOERJAN, W. Purification and characterization of peroxidases correlated with lignification in poplar xylem. **Plant Physiology**, v.118, n.1, p.125-135, 1998.

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

DEVINE, M., DUKE, S.O., FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action**. New Jersey: Englewood Clifts, 1993. 441p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. **Ecologia, manejo e adubação da soja**. Londrina, Comitê de Publicações dos CNPSo/EMBRAPA, 1979. 91 p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Paraná 2006**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 208 p.

FOOTE, C.S.; SHOOK, F.C.; ABAKERLI, R.B. Characterization of singlet oxygen. **Methods Enzymology**, v.105, p.36-47, 1984.

GUPTA, I.; TRIPATHY, B.C. Oxidative stress in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings treated with acifluorfen. **Zeitschrift für Naturforschung C.**, v.54C, p.771-81, 1999.

LAMEGO, F.P.; REINEHR, M.; CUTTI, L.; AGUIAR, A.C.M.; RIGON, C.A.G.; PAGLIARINI, I.B. Alterações morfológicas de plântulas de trigo, azevém e nabo quando em competição nos estádios iniciais de crescimento. **Planta Daninha**, v.33, n.1, p.13-22, 2015.

MATRINGE, M., CAMADRO, J.M., LABBE, P., SCALLA, R. Protoporphyrinogen oxidase as a molecule target for diphenyl ether herbicides. **Biochemical Journal**, v.260, p.231, 1989.

McGINNITY, P.J.; COLE, R.M. Phytotoxicity and yield response to postemergence applications of lactofen on early maturing soybean varieties. In: North central weed control conference, Proceedings. **Abstract...** St. Louis, Missouri, USA, 1985. p.79.

MEROTTO JR. A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; ALMEIDA, M.L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.9-16, 2002.

MEROTTO JR., A.; FISCHER, A.J.; VIDAL, R.A. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.407-419, 2009.

MEROTTO JUNIOR, A.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores de PROTOX. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JUNIOR, A. (Eds.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. p.69-86.

MORELAND, D.E. Biochemical mechanisms of action of herbicides and the impact of biotechnology on the development of herbicides. **Journal of Pesticide Science**, v.24, p.299-307, 1999.

OLIVEIRA JR., R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Editora Omnipax. 2011, 348 p.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**. 2.ed. New York: Wiley, 1997. 588 p.

REDDY, K.R.; BOONE, M.L.; REDDY, A.R.; HODGES, H.F.; TURNER, B.; MC KINION, J. Developing and validating a model for a plant growth regulator. **Agronomy Journal**, v.87, n.6, p.1100-5, 1995.

REDDY, V.R.; TRENT, A.; ACOCK, B. Mepiquat chloride and irrigation versus cotton growth and development. **Agronomy Journal**, v.84, n.6, p.930-3, 1992.

ROMAN, E.S. Estresses ocasionados por fitotoxicidade de herbicidas. In: BONATO, E.R. (Ed). **Estresses em soja**. Embrapa Trigo, 2000. p.253.

SANTOS, O.S. **A cultura da soja, 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná**. Rio de Janeiro: Globo, 1988.

SCOTT, G.H.; ASKEW, S.D.; WILCUT, J.W. Economic evaluation of diclosulam and flumioxazin systems in peanut (*Arachis hypogaea*). **Weed Technology**, v.15, p.360-4, 2001.

SHEPERD, H.E.; MCGINNITY, P.J.; BATES, M.R.; KAMICKER, T.A. Yield response of soybeans to postemergence applications of lactofen. In: North central weed control conference. Proceedings. **Abstract...** Winnipeg, 1984. p.36.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v.6, p.575-577, 1965.

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 Agricola**, v.59, n.1, p.99-106, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAYAMA H.K.; LARSON R.A.; HAMMER P.A.; ROLLS T.J. **Tips on the use of chemical growth regulators on floriculture crops**. Columbus: Ohio Florists' Association. p.92, 1992.

TRIPATHY, B.C. 5-aminolevulinic acid-induced photodynamic damage to cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants mediated by singlet oxygen. In: DUKE, S.O., REBEIZ, C.A. (Eds). **Porphyric pesticides: chemistry, toxicology and pharmaceutical applications**. Washington, DC: American Chemical Society, 1994. p. 65-80.

TRIPATHY, B.C., MOHAPATRA, A., GUPTA, I. Impairment of the photosynthetic apparatus by oxidative stress induced by photosensitization reaction of protoporphyrin IX. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1767, p.860-868, 2007.

TRIPATHY, B.C., SINGHAL, G.S. Oxidative stress in photodynamic herbicidal action of 5-aminolevulinic acid. In: SINGHAL, G.S., RENGGER, G., SOPORY, S.K., IRRGAND, K.D.,

GOVINDJEE (Eds). **Concepts in photobiology, photosynthesis and photomorphogenesis**. New Delhi: Narosa Publishing House, 1999. p.668-88.

USDA, United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production, circular series**, WAP 7-15, April 2016.

VANHOLME, R.; DEMEDTS, B.; MORREEL, K.; RALPH, J.; BOERJAN, W. Lignin Biosynthesis and Structure. **Plant Physiology**, v.153, p.895–905, 2010.

VERNETTI, F.J. Origem da espécie, introdução e disseminação no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas, 1983.

WATANABE, K.; OHORI, Y.; SATO, Y.; BÖGER, P.; WAKABAYASHI, K. Changes in fatty acid composition of neutral lipid in mung bean cotyledons by oxyfluorfeninduced peroxidation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.69, p.166-73, 2001.

WICHERT, R.A.; TALBERT, R.E. Soybean [*Glycine max* (L.)] response to lactofen. **Weed Science**, v.41, n.1, p.23-27, 1993.

CAPÍTULO 1

Influência da aplicação de lactofen na cultura da soja RR[®] no início do estágio reprodutivo

RESUMO

O crescimento excessivo da soja em função de interações específicas entre meio ambiente, manejo e cultivar pode resultar em crescimento excessivo das plantas, levando ao acamamento e queda de rendimento. Dessa forma, o objetivo deste experimento foi avaliar o comportamento da cultura da soja submetida à aplicação de lactofen e cloreto de mepiquat, no início do estágio reprodutivo, como retardadores de crescimento. O experimento foi instalado no Município de Ivaiporã – PR, no ano agrícola de 2012/2013, com a variedade de soja BMX Potência RR[®]. Os tratamentos foram compostos por uma testemunha sem aplicação, uma testemunha sem meristema apical, três doses de lactofen (60, 120 e 180 g ha⁻¹), três doses de cloreto de mepiquat (50, 100 e 200 g ha⁻¹) e Lactofen + chorimuron ethyl (100 + 10,33 g ha⁻¹), todos aplicadas no estágio de desenvolvimento R1/R2. De maneira geral todos os tratamentos contendo lactofen causaram fitointoxicação e redução do crescimento da soja, principalmente nas doses mais elevadas. As condições edafoclimáticas ocorridas proporcionaram intenso crescimento da variedade testada, levando a mesma ao acamamento e à queda de produtividade. Nesta condição, a aplicação lactofen reduziu o crescimento e o acamamento da soja, aumentou o teor de lignina do caule e, na dose de 180 g ha⁻¹, proporcionou produtividade superior à testemunha. Sendo assim, o lactofen reduz o crescimento da soja, cultivar Potência RR[®], quando aplicado no início do florescimento da cultura e, na dose de 180 g ha⁻¹, pode ser utilizado como retardador de crescimento eficiente e seguro.

Palavras-chave: Acamamento. BMX Potência RR. Ciclo indeterminado. Inibidor da Prottox.

Lactofen application of influence in the culture of RR[®] soybean the beginning of the reproductive stage

ABSTRACT

Excessive growth of soybean due to specific interações between environment, management and farming can result in excessive rowth of plants, leading to lodging and yield loss. Thus, the objective of this study was to evaluate the soybean behavior subject to the application of lactofen and mepiquat chloride in the early reproductive stage, as growth retardants. The experiment was installed in the city of Ivaiporã - PR, in the agricultural year 2012/2013, with the variety of soy BMX Potência RR[®]. The treatments consisted of a control without application, a control without apical meristem, three doses of lactofen (60, 120 and 180 g ha⁻¹), three doses of mepiquat chloride (50, 100 and 200 g ha⁻¹) and lactofen + chorimuron ethyl (100 + 10.33 g ha⁻¹), all applied at growth stage R1/R2. In general all treatments caused phytotoxicity containing lactofen and reduced soybean growth, especially in higher doses. The soil and climate conditions that occur provided strong growth of the tested variety, leading to it to lodging and productivity loss. In this condition, the application lactofen reduced growth and soy lodging, increased stem lignin content and at a dose of 180 g ha⁻¹ gave higher productivity to the witness. Thus, the lactofen reduces the growth of the soybean cultivar RR[®] power when applied at the beginning of flowering the crop and at the dose of 180 g ha⁻¹ can be used as safe and efficient growth retardant.

Keywords: Lodging, BMX Potência RR. Indeterminate cycle. Protox inhibitors.

INTRODUÇÃO

A soja mesmo sendo uma dentre as culturas mais estudadas na área agrícola, ainda pode apresentar problemas relacionados ao intenso crescimento vegetativo, levando as plantas ao acamamento. Esse fato ocorre em função de fortes adubações visando a incrementos na produção, excesso de nitrogênio (Santos, 1988), condições climáticas causadoras de turbidez atmosférica (precipitações continuadas e tempo nublado) (Embrapa, 1979), cultivar de excessivo crescimento indeterminado, além de distribuição espacial de plantas que levam a competição por luminosidade (Linzmeier et al., 2008), causando estiolamento (Merotto Jr. et al., 2002, 2009).

Diferentes estratégias têm sido empregadas para reduzir os problemas de acamamento. Em algumas espécies cultivadas, o uso de fitorreguladores pode resultar em plantas de menor estatura e, por consequência, menos sujeitas as perdas decorrentes do acamamento (Berti et al., 2007; Souza et al, 2013). Dentre os reguladores vegetais, empregados com a finalidade de reduzir o crescimento longitudinal e tornar a arquitetura das plantas mais adaptadas e eficientes no uso dos recursos agroambientais, se destacam os inibidores da síntese de geberilina (Souza et al, 2013; Nagashima et al., 2010) e inibidores do transporte de auxina (Pankaj et al., 2001; Cato & Castro 2006; Buzzello et al., 2010)

Na maioria das plantas, o crescimento da gema apical inibe o crescimento das gemas axilares, fenômeno denominado de dominância apical. A auxina, hormônio sintetizado nos meristemas apicais e transportado em direção basípeta, é responsável por este fenômeno (Taiz & Zeiger, 2004). No entanto, em situações de estresse, normalmente as plantas reduzem o transporte deste hormônio (Nakayama et al., 2012) e, portanto, podem proporcionar plantas menores e/ou com maior número de ramos. Os herbicidas inibidores da PROTOX são conhecidos por promoverem estresse oxidativo em órgãos fotossintetizantes (Oliveira Jr., 2012), podendo dessa forma, atuar como reguladores de crescimento vegetal. Dessa forma, o objetivo deste experimento foi avaliar o comportamento da cultura da soja submetida à aplicação de lactofen e cloreto de mepiquat, no início do estágio reprodutivo, como retardadores de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante a safra 2012/2013 na Fazenda Ouro Verde, localizada no município de Ivaiporã-PR (24°16'28,61" de latitude sul, 51°42'26,89" de longitude oeste e 717 m de altitude).

O solo da área experimental foi identificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (Embrapa, 2006), apresentando 740 g kg⁻¹ de argila, 207 g kg⁻¹ de silte, 53 g kg⁻¹ de areia, com saturação de bases de 78%, 2,1% de matéria orgânica e pH em água de 6,2.

A semeadura da soja, variedade BMX Potência RR[®], foi realizada em 30 de outubro de 2012. O espaçamento entrelinhas na semeadura foi de 0,45, m com população final de 260 mil plantas por hectare. A adubação visando à cultura da soja foi realizada em duas etapas, uma na semeadura do trigo, aplicando-se 165 kg ha⁻¹ de MAP e 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e a segunda, por ocasião da semeadura da soja, com 165 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-18.

A BMX Potência[®] surgiu como umas das primeiras alternativas entre as cultivares com hábito de crescimento indeterminado para a região central do Paraná. No entanto, foi sendo gradativamente substituída por outras cultivares de características semelhantes e mais produtivas. Apresenta como características grupo de maturação é 6,7, resistente ao acamamento, estatura de planta alta, adaptada à região central do Paraná, população recomendada entre 250 e 300 mil plantas ha⁻¹.

Na área experimental, o controle químico das plantas daninhas foi realizado de acordo com o restante da propriedade, sendo a dessecação de manejo realizada com os herbicidas glyphosate (900 g e.a. ha⁻¹) e 2,4-D (536 g e.a. ha⁻¹) 10 dias antes da semeadura da soja. Em pós-emergência da cultura e plantas daninhas foi aplicado ghyphosate a 720 g e.a. ha⁻¹, quando a soja estava com três trifólios (V4). O controle de doenças e pragas foi realizado por meio de amostragens ou de acordo com as condições climáticas (Embrapa, 2005), de modo que não ocorreram danos à soja que possam ser atribuídos a estes fatores.

Os tratamentos foram aplicados quando a soja estava no estágio de desenvolvimento R1/R2 e foram constituídos da seguinte forma: testemunha sem aplicação; plantas de soja sem meristema apical; lactofen a 60, 120 e 180 g ha⁻¹; cloreto de mepiquat a 50, 100 e 200 g ha⁻¹ e lactofen + chlorimuron-ethyl a 99,17 + 10,33 g ha⁻¹, respectivamente. As condições climáticas ocorridas durante a execução do experimento encontram-se na Figura 1.1.

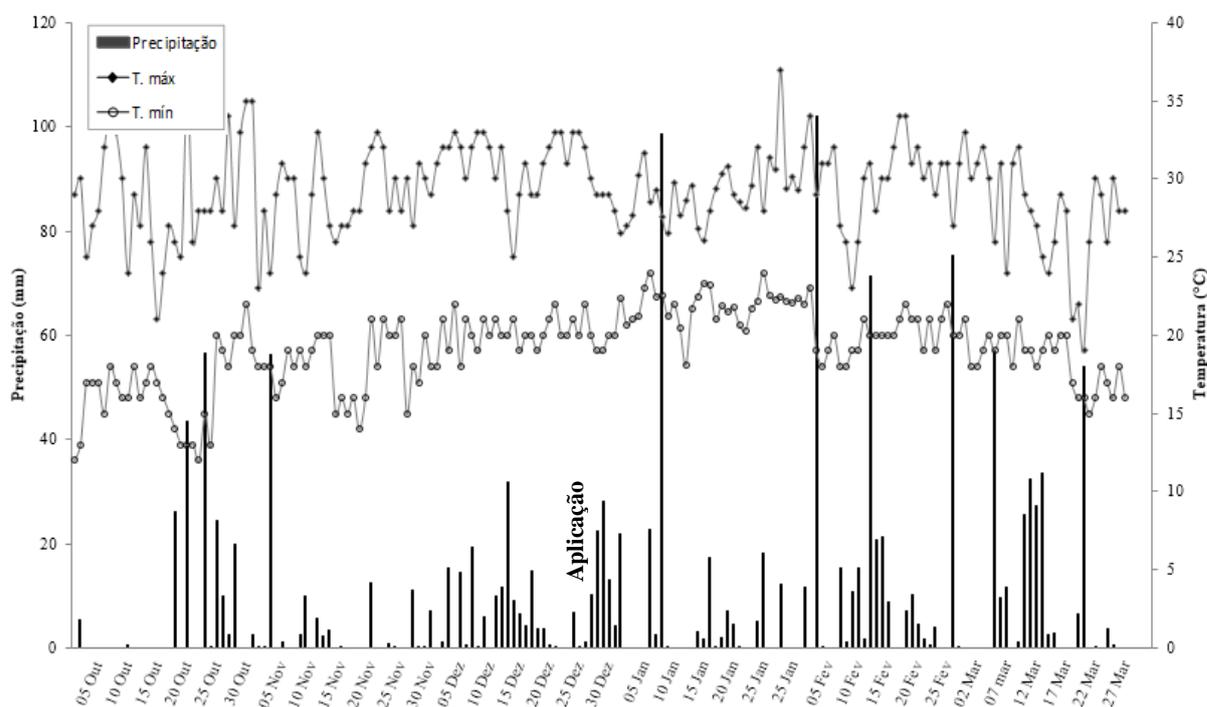


Figura 1.1. Precipitação pluvial e temperaturas médias máxima e mínima observadas durante os meses de condução do experimento. Dados coletados pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - SEAB. Ivaiporã, PR, 2012/2013.

A aplicação dos tratamentos foi realizada no dia 26 de dezembro de 2012, entre 16:35 e 17:55 horas. O tratamento onde as plantas de soja tiveram o meristema apical retirado, foi realizado de forma manual, por meio do arranquio do mesmo e os tratamentos químicos foram realizados por meio de pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra de quatro bicos, espaçados 0,5 m entre si, com pontas de pulverização AD 110.02, pressurizado a 38 lb pol⁻², o que proporcionou um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. Por ocasião da aplicação, a temperatura média estava em 25°C, umidade relativa do ar de 88%, solo úmido, velocidade do vento de 0,7 km h⁻¹ e céu com poucas nuvens.

As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 5 m de comprimento e onze linhas de semeadura de soja (24,75 m²), dispostas em blocos ao acaso com seis repetições. A área útil foi constituída por nove linhas de semeadura com 4 m de comprimento, totalizando 16,20 m².

As avaliações de fitointoxicação visual foram realizadas com o auxílio da escala de danos EWRC (1964), onde 1 representa a ausência de sintomas e 9 caracteriza a morte das plantas (Tabela 1.1.), aos 3, 7, 15 e 30 dias após as aplicações (DAA). Nas mesmas datas também foi avaliada visualmente a porcentagem de injúria (SBCPD, 1995), que leva em

consideração o dano causado pelos tratamentos químicos em toda a planta, sendo que 0 (zero) representa a ausência de sintomas e a nota 100% caracteriza a morte das plantas.

Tabela 1.1. Escala de fitointoxicação EWRC (1964) utilizada nas avaliações.

Nota	Descrição dos sintomas
1	Nenhum dano;
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas;
3	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas;
4	Forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte dos tecidos);
5	Necrosamento (queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhado de deformação em folhas e brotos;
6	Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação;
7	Mais de 80% de folhas e brotos destruídos;
8	Danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas;
9	Danos totais (morte das plantas).

O crescimento das plantas de soja foi mesurado ao zero, 7, 15, 30 e 50 DAA por meio da determinação da altura de dez plantas de soja por parcela. As plantas foram medidas em sequência na terceira linha de semeadura descartando-se um metro da bordadura, de modo que os incrementos em altura pudessem ser descontados da altura observada na data de aplicação dos tratamentos. A porcentagem de acamamento foi realizada aos 7, 15, 30 e na pré- colheita da soja, sendo que 0 (zero) representa ausência de acamamento e 100%, plantas totalmente arqueadas ou próximas do solo. Esta avaliação leva em consideração não apenas a haste principal, mas, também os ramos secundários, visto que em muitas ocasiões são estas estruturas que cedem e muitas vezes chegam até mesmo a se romper. Dessa forma, a porcentagem de acamamento pode representar uma importante variável em cultivares de soja que apresentam grande número de ramificações com vagens.

Avaliações de desfolha, devido à senescência, foram realizadas aos 50 e 60 DAA por meio de notas visuais entre 0 e 100%, onde 0 (zero) significa nenhuma desfolha e 100% desfolha total da planta. A iluminância foi aferida aos 30 e 60 DAA, em quatro pontos centrais de cada unidade experimental com o auxílio de um luxímetro Minipa 1011[®], em Lux (Lux = Lumem m⁻²), segundo metodologia adotada por Ferrari et al. (2007), de tal forma que fosse mensurado o fluxo luminoso que atingia o solo nas entrelinhas de semeadura.

A avaliação de ângulo de inclinação da haste principal foi realizada na précolheita da soja. Foram selecionadas dez plantas em sequência na parte central da terceira linha de semeadura, sendo as aferições realizadas no terço inferior e médio das plantas (20 e 60 cm de distância do solo, respectivamente). Para tanto, foi utilizado um transferidor de madeira para quadro negro, como no modelo a seguir (Figura 1.2.).

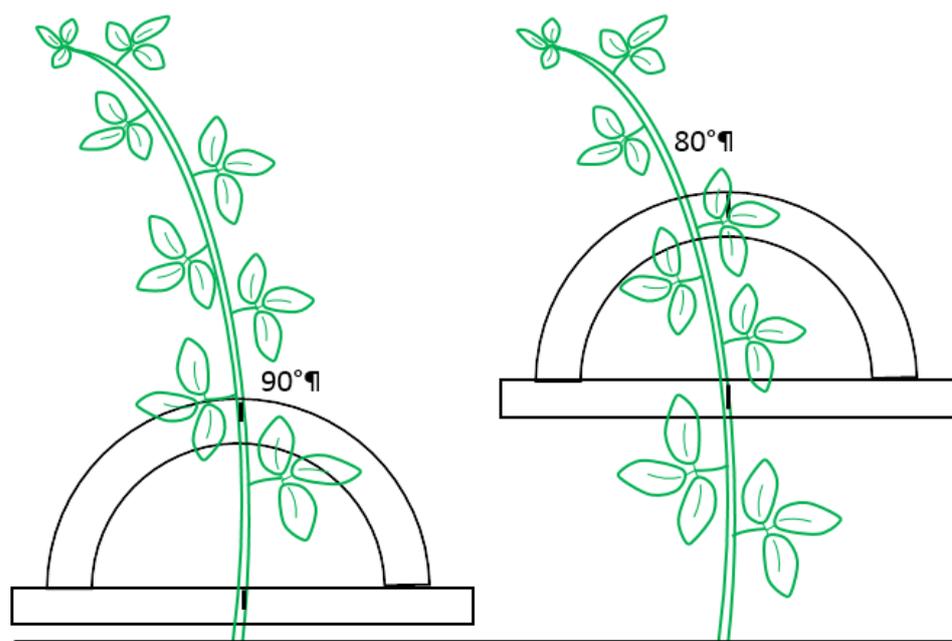


Figura 1.2. Representação esquemática da metodologia de aferição do ângulo de curvatura da haste principal da soja no terço inferior e médio das plantas. Rios (2015).

Na précolheita da soja foram coletadas 10 plantas em sequência, na parte central das parcelas, para que fosse realizada a contagem do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e diâmetro de caule entre o nono e décimo nós.

Para determinação do teor de lignina foram coletados de cada uma das dez plantas segmentos de cerca de 2 cm de caule no local onde foi aferido o diâmetro, sendo estes secos em estufa de circulação de ar forçada a 60° C até massa constante. Posteriormente as amostras foram trituradas e pesadas (0,3 g), para então serem avaliadas quanto ao teor de lignina.

As biomassas secas dos caules foram homogeneizadas em 7 mL de tampão fosfato de sódio e potássio (50 mM, pH 7,0) e transferidas para tubos de centrífuga de 15 mL (Ferrarese et al., 2002). O precipitado foi centrifugado (1.400 g, 5 min.) sucessivamente como segue: mais 2 vezes com 7 mL de tampão fosfato (50 mM, pH 7,0); 3 vezes com 1% (v/v) Triton® em tampão fosfato pH 7,0 (7 mL); 2 vezes com 1 M NaCl em tampão pH 7,0 (7 mL); 2 vezes com água destilada (7 mL) e 2 vezes com acetona (5 mL). O precipitado foi seco em estufa (60 °C

por 24 horas) e resfriado em dessecador a vácuo. A massa seca obtida foi definida como a fração da parede celular livre de proteínas.

As amostras (20 mg) de parede celular isenta de proteínas foram acondicionadas em tubos de vidro com rosca. Em seguida, foi adicionado 0,5 mL do reagente brometo de acetila 25% (preparado em ácido acético gelado). Os frascos foram aquecidos por 30 min. em banho-maria a 70 °C. Após este procedimento, as amostras foram resfriadas em banho de gelo e a reação foi interrompida com a adição de 0,9 mL de NaOH 2M. A seguir, foram adicionados 0,1 mL de hidroxilamina-HCl, 5 M e 2 mL de ácido acético gelado. As amostras foram centrifugadas (1.000 g, 5 min.) e o sobrenadante diluído e utilizado para a realização das leituras em espectrofotômetro a 280 nm (Moreira-Vilar et al., 2014). A concentração de lignina foi determinada de acordo com uma curva padrão e expressa em mg g⁻¹ de parede celular (Moreira-Vilar et al., 2014).

O rendimento de grãos foi obtido pelo corte manual das plantas na área útil da parcela, em 06 de abril de 2013, com posterior trilha, pesagem e conversão da umidade para 14%. Para tanto, a determinação da umidade foi realizada por meio do medidor de umidade portátil para grãos MiniGAC Plus. Para o cálculo de rendimento de grãos à 14% de umidade foi utilizada a seguinte fórmula: $MS(14\%) = [(100-U)/(100-14)]*UM$, onde MS(14%) é a massa de grãos à 14% de umidade, U é a umidade em porcentagem por ocasião da colheita, UM é a massa úmida de grãos por ocasião da colheita, 14 é a umidade a que o massa será transformado e 100 é a constante da equação. Já a massa de mil grãos foi determinada pela pesagem de 7 subamostras de 100 grãos para cada repetição de campo, com auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama, posteriormente multiplicaram-se os resultados por 10.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, posteriormente as médias foram comparadas pelo teste *t* de student e as variáveis respostas foram submetidas à correlação de Pearson, todos a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à fitointoxicação pela escala EWRC (1964) estão contidos na Tabela 1.2. Devido à rápida ação, característica de grande parte dos herbicidas de contato como o lactofen, observa-se aos 3 DAA que todos os tratamentos que receberam aplicação deste inibidor da PROTOX, isolado ou em mistura, independentemente da dose, provocaram necrose nas folhas atingidas. Os tratamentos com cloreto de mepiquat não causaram danos perceptíveis em nenhuma das avaliações realizadas.

Tabela 1.2. Fitointoxicação da soja pela escala EWRC^{1/} após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Fitointoxicação pela escala EWRC			
		3 DAA	7 DAA	15 DAA	30 DAA
1. Testemunha sem aplicação	-	1,00	1,00	1,00	1,00
2. Sem gema apical	-	1,00	1,00	1,00	1,00
3. Lactofen	60	5,50	1,83	1,00	1,00
4. Lactofen	120	6,00	2,00	1,00	1,00
5. Lactofen	180	5,00	2,00	1,00	1,00
6. Cloreto de mepiquat	50	1,00	1,00	1,00	1,00
7. Cloreto de mepiquat	100	1,00	1,00	1,00	1,00
8. Cloreto de mepiquat	200	1,00	1,00	1,00	1,00
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+10,33	5,00	2,00	1,00	1,00

^{1/}Onde 1 representa a ausência de sintomas e 9 caracteriza a morte total das plantas.

Aos 7 DAA, as folhas jovens emitidas pelas plantas de soja ainda apresentavam danos leves em algumas folhas de algumas plantas, decorrentes da aplicação de lactofen, sendo caracterizados como deformações leves no limbo foliar. Nas demais avaliações realizadas aos 15 e 30 DAA não foram observados sintomas visuais nas folhas jovens que pudessem ser relacionados à aplicação de lactofen.

O tratamento contendo a mistura lactofen + chlorimuron-ethyl apresentou sintomas semelhantes aos tratamentos contendo lactofen isolado. O herbicida inibidor da enzima ALS não acentuou ou prolongou os sintomas de necrose e encarquilhanmento nas folhas da soja.

Souza et al. (2002), ao analisarem os efeitos negativos do lactofen em soja, observaram necrose inicial, sendo que, posteriormente estes sintomas foram menos intensos. Da mesma forma, Corrêa & Alves (2010) observaram que aplicações de lactofen promoveram, além da necrose inicial, também deformação das folhas de soja até 14 DAA. Após este período, as folhas novas emitidas apresentavam-se normais; em ambos os trabalhos os resultados se assemelham aos observados no presente estudo.

Seguindo comportamento semelhante ao observado para fitointoxicação, de acordo com a escala EWRC (Tabela 1.2), apenas os tratamentos contendo lactofen, independentemente da dose, isolado ou em mistura com chlorimuron-ethyl, proporcionaram sintomas de injúria à soja (Tabela 1.3). O cloreto de mepiquat não causou danos perceptíveis às plantas durante o período de avaliação.

Tabela 1.3. Avaliação de injúria da soja após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	% de injúria (avaliação visual)			
		3 DAA	7 DAA	15 DAA	30 DAA
1. Testemunha sem aplicação	-	0,00 c ^{1/}	0,00 d	0,00 d	0,00 d
2. Sem gema apical	-	0,00 c	0,00 d	0,00 d	0,00 d
3. Lactofen	60	16,50 b	15,33 c	11,17 c	9,17 c
4. Lactofen	120	17,00 b	18,83 b	14,33 b	11,17 b
5. Lactofen	180	21,33 a	24,17 a	17,17 a	14,00 a
6. Cloreto de mepiquat	50	0,00 c	0,00 d	0,00 d	0,00 d
7. Cloreto de mepiquat	100	0,00 c	0,00 d	0,00 d	0,00 d
8. Cloreto de mepiquat	200	0,00 c	0,00 d	0,00 d	0,00 d
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+10,33	15,50 b	14,00 c	11,67 c	9,83 bc
DMS		4,19	3,14	1,98	1,71
C.V. (%)		45,97	33,56	28,10	29,83

^{1/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

Inicialmente (3 DAA), a menor dose de lactofen (60 g ha⁻¹) causou 16,50% de injúria às plantas de soja. Com o aumento das doses, 120 e 180 g ha⁻¹, a injúria chegou a 17,00% e 21,33%, respectivamente, sendo que a maior dose proporcionou danos significativamente superiores às demais. A mistura de lactofen + chlorimuron-ethyl (100 + 10,33 g ha⁻¹) apresentou injúrias que não diferiram das duas menores doses de lactofen, ou seja, 15,50%.

Aos 7 DAA, os sintomas de injúria na menor dose de lactofen foram de 15,33%, sendo significativamente inferior às doses mais altas deste produto. No entanto, este resultado não diferiu do tratamento contendo a mistura lactofen + chlorimuron ethyl, que apresentou 14,00% de injúria. Os valores de porcentagem de injúria referentes à menor dose de lactofen (15,33%) e maior dose (24,17%), demonstram uma amplitude maior do que a observada na avaliação de 3 DAA, com valores de 8,84 para a segunda avaliação e 4,83 para a primeira. Ou seja, mesmo o lactofen sendo caracterizado como um herbicida de contato, com rápida ação sobre as plantas sensíveis, seus sintomas não são totalmente expressos nos primeiros dias após a aplicação na cultura da soja. Damiano Filho et al. (1992) relataram que o lactofen a 360 g ha⁻¹ ocasionou expressivas alterações morfológicas internas e externas nas folhas de soja, nos locais onde foi

depositado, sendo que as cultivares de soja apresentaram diferentes graus de sensibilidade ao produto.

Aos 15 DAA, mesmo apresentando menores valores de injúria, os efeitos proporcionados pelo lactofen mantiveram o mesmo padrão da avaliação anterior. A menor dose do inibidor da PROTOX causou 11,17% de injúria às plantas de soja, sendo inferior às duas superiores. Este valor continuou não diferindo do tratamento lactofen + chlorimuron-ethyl (11,67%). Lactofen à 120 g ha⁻¹ chegou a 14,33% e a maior dose (180 g ha⁻¹) a 17,17%.

Com o passar dos dias a soja se recuperou gradativamente dos efeitos causados pelo lactofen e aos 30 DAA o menor valor de injúria observado foi 9,17% para a dose de 60 g ha⁻¹ e o maior (14,00%) no tratamento que recebeu 180 g ha⁻¹.

Nos tratamentos contendo cloreto de mepiquat não foram observados sintomas de injúria a qualquer parte das plantas de soja durante a condução do experimento. Este fato ocorreu provavelmente devido à especificidade deste produto. Normalmente os inibidores das giberelinas apresentam maior ação sobre cereais de inverno (Heckman et al., 2002). O cloreto de mepiquat, especificamente, apresenta ótimo desempenho como regulador de crescimento na cultura do algodão (Abbas et al., 2010, Buzzello, 2010); entretanto, estes efeitos não foram observados na cultura da soja.

O comportamento fisiológico e/ou morfológico das folhas da maioria das plantas é o principal indicativo de sua interação com o meio e, por consequência, dos estresses proporcionados por este. As folhas são também um dos principais drenos durante o período vegetativo, sendo, portanto, um tecido valioso para planta, além do que, esta estrutura será primordial para as próximas etapas no seu ciclo de desenvolvimento. A perda precoce ou excessiva da área foliar pode comprometer drasticamente a produtividade em plantas cultivadas (Barbosa et al., 2015). Por outro lado, o acúmulo de área foliar em demasia tende a provocar o autossombreamento das folhas inferiores, resultando em senescência, ambiente propício ao desenvolvimento de doenças, dificuldade no manejo de pragas e doenças e, ainda, perda de carbono e outros componentes que demandaram gasto de energia durante o crescimento e desenvolvimento.

Na maioria das situações, a desfolha, devido ao autossombreamento, não é desejada na cultura da soja. Esta variável foi avaliada em diferentes épocas, a fim de verificar a influência dos tratamentos sobre este quesito (Tabela 1.4).

Tabela 1.4. Porcentagem visual de desfolha da soja após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	% de desfolha das plantas de soja					
		15 DAA		30 DAA		56 DAA	
1. Testemunha sem aplicação	-	20,08	b ^{1/}	23,00	ab	56,67	abc
2. Sem gema apical	-	19,50	b	24,17	ab	55,83	abc
3. Lactofen	60	19,50	b	26,33	a	51,67	c
4. Lactofen	120	25,17	a	26,00	a	53,33	bc
5. Lactofen	180	19,67	b	21,17	b	60,00	ab
6. Cloreto de mepiquat	50	21,67	ab	24,50	ab	61,67	a
7. Cloreto de mepiquat	100	19,67	b	25,17	a	55,83	abc
8. Cloreto de mepiquat	200	20,97	ab	26,17	a	62,50	a
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+10,33	23,50	ab	24,17	ab	61,67	a
DMS		4,58		3,67		7,76	
C.V. (%)		18,60		12,84		11,54	

^{1/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

Na primeira avaliação, realizada aos 15 DAA, quando a soja se apresentava no estágio de desenvolvimento R3/R4, observou-se desfolha média na soja, devido à senescência, foi próxima de 21%, valor relativamente alto, visto que nesta mesma fase, 15% de danos causados por lagartas pode resultar em queda significativa de rendimento (Barbosa et al., 2015). É também neste período que a maior parte da radiação solar incidente é interceptada pelo dossel e seu produto direcionado aos órgãos reprodutivos. Segundo Board & Harville (1993), índice de área foliar em torno de 3,9 capta cerca de 95% da radiação solar no início do estágio reprodutivo, ou seja, valores muito acima ou abaixo desse podem comprometer a produtividade.

Na avaliação realizada aos 30 DAA (R5), estes valores foram maiores, chegando próximo de 25% de desfolha, em média. Aos 56 DAA, quando a soja se encontrava no estágio de desenvolvimento R7, a desfolha média das plantas foi de, aproximadamente, 58%, refletindo a senescência natural das folhas, decorrente do final do ciclo.

Quanto às diferenças entre os tratamentos, em cada época, observa-se que os valores de desfolha atribuídos não apresentaram o mesmo comportamento durante as avaliações. Aos 15 DAA, o tratamento que proporcionou a maior desfolha foi lactofen, a 120 g ha⁻¹, com 25,17%. Nas avaliações posteriores (30 e 56 DAA), não foram observadas diferenças significativas entre a testemunha sem aplicação e os demais tratamentos.

O incremento em altura das plantas de soja em relação ao dia de aplicação dos diferentes tratamentos encontra-se na Tabela 1.5.

Tabela 1.5. Incremento de altura da soja em relação ao dia de aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Incremento de altura (cm) em relação ao dia de aplicação dos tratamentos							
		7 DAA		15 DAA		30 DAA		66 DAA	
		Média	Letra	Média	Letra	Média	Letra	Média	Letra
1. Testemunha sem aplicação	-	21,63	a ^{1/}	40,28	a	49,00	a	50,66	ab
2. Sem gema apical	-	1,92	b	6,23	c	8,05	c	8,05	d
3. Lactofen	60	21,93	a	37,93	a	48,97	a	48,05	bc
4. Lactofen	120	18,88	a	37,02	a	45,40	ab	47,30	c
5. Lactofen	180	19,58	a	33,05	b	41,95	b	46,10	c
6. Cloreto de mepiquat	50	20,90	a	39,87	a	48,95	a	51,50	a
7. Cloreto de mepiquat	100	19,65	a	37,85	a	47,09	a	50,14	ab
8. Cloreto de mepiquat	200	21,70	a	38,77	a	49,15	a	50,86	ab
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+ 10,33	19,08	a	39,42	a	45,40	ab	47,47	c
DMS		3,59		3,87		3,80		3,16	
C.V. (%)		16,73		9,61		7,63		6,08	

^{1/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

Mesmo com um pequeno intervalo de tempo após a aplicação dos tratamentos (8 dias), é possível observar grande diferença entre o tratamento que teve o meristema apical retirado e os demais. Enquanto o primeiro apresentou apenas 1,92 cm de incremento, os demais proporcionaram, em média, 20 cm, sendo estes valores significativamente diferentes. Do ponto de vista fisiológico, a melhor forma de reduzir a taxa crescimento de uma planta é agir diretamente sobre o meristema apical, tecido responsável pela divisão celular neste ponto e pela dominância da haste principal sobre as gemas laterais, mediante a produção de auxina (Mundstock & Thomas, 2005). Danos a este tecido resultam em interrupção definitiva ou transitória no crescimento em altura, dependendo da intensidade.

Nas avaliações de 15 e 30 DAA, o tratamento com a gema apical removida apresentou 6,23 e 8,05 cm de incremento em altura, respectivamente, sendo novamente inferior aos demais. Outro tratamento que reduziu o incremento em altura, mesmo em menor escala, foi lactofen à 180 g ha⁻¹, com 33,05 cm e 41,95 cm, aos 15 e 30 DAA, respectivamente, sendo inferior à testemunha e aos demais tratamentos químicos. Nestas mesmas avaliações, o lactofen a 60 e 120 g ha⁻¹ não diferiu da testemunha, dos tratamentos com cloreto de mepiquat e da mistura lactofen + chlorimuron ethyl.

Na avaliação précolheita (66 DAA), o incremento em altura nos tratamentos sem meristema apical foi praticamente nulo em relação à avaliação anterior. Por outro lado, lactofen a 120 e 180 g ha⁻¹, juntamente com lactofen + chlorimuron-ethyl, compuseram outro grupo,

com 47,30, 46,10 e 47,47 cm de incremento, respectivamente, sendo estes significativamente inferiores à testemunha e aos tratamentos com cloreto de mepiquat.

De acordo com os dados observados, quanto maior a fitointoxicação (Tabela 1.1) e injúria (Tabela 1.2), maior foi a redução no incremento em altura, demonstrando que mesmo danos reversíveis, como os proporcionados pelo lactofen, podem resultar em interrupção ou redução de crescimento. Souza et al. (2002) e Damião Filho et al. (1992) também observaram menor altura da soja, após a aplicação de lactofen, quando comparado à testemunha sem aplicação.

O cloreto de mepiquat, inibidor da síntese de giberelina, não apresentou diferenças significativas em relação à testemunha. Estes resultados apresentam indícios de que este produto não apresenta efeito sobre soja, principalmente quanto ao seu crescimento. Buzzello (2010) e Campos (2005) também verificaram a insensibilidade da soja a este produto.

No início das avaliações de porcentagem de acamamento (Tabela 1.6), quando a soja estava no estágio R2 (7 DAA), o único tratamento que proporcionou redução significativa no acamamento foi lactofen a 180 g ha⁻¹, com 15,83%, enquanto a testemunha sem aplicação chegou a 28,33% (tabela 1.6). Na avaliação seguinte (15 DAA), a maior dose de lactofen continuou proporcionando acamamento significativamente inferior (18,33%) em relação à testemunha, seguido pelo tratamento sem meristema apical e a dose de 120 g ha⁻¹, com 21,67 e 22,50% de acamamento, respectivamente. A testemunha chegou a 30,00% de acamamento e os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas em relação a mesma.

Quando a soja estava no estágio de desenvolvimento R5 (30 DAA), o único tratamento que apresentava acamamento significativamente inferior à testemunha (32,50%) foi a maior dose de lactofen (21,67%), sem, contudo, diferir do tratamento sem meristema apical e de lactofen a 120 g ha⁻¹. No entanto, na avaliação de précolheita (66 DAA), estes efeitos não foram observados, sendo que a testemunha apresentava 13,67% de acamamento, o tratamento sem gema apical 6,83% e lactofen a 180 g ha⁻¹ 16,17%. Os demais tratamentos variavam entre 11,50 e 16,33% de acamamento. Esta redução nos valores de acamamento provavelmente ocorreu devido à queda das folhas e perda de umidade, principalmente das vagens, levando a uma redução no peso que as hastes das plantas de soja suportavam e, conseqüentemente, na inclinação das mesmas.

Tabela 1.6. Porcentagem de acamamento das plantas de soja e teor de lignina do caule entre os nós V9 e V10 após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	% visual de acamamento ^{1/}				Teor de lignina (mg g ⁻¹ parede)
		7 DAA	15 DAA	30 DAA	Pré-colheita	
1. Testemunha sem aplicação	-	28,33 a ^{2/}	30,00 a	32,50 ab	13,67 Abc	78,19 c
2. Sem gema apical	-	21,67 ab	21,67 cd	25,83 bc	6,83 d	92,90 ab
3. Lactofen	60	25,83 a	28,33 abc	31,67 ab	16,33 a	88,01 abc
4. Lactofen	120	24,17 ab	22,50 bcd	25,00 bc	15,33 ab	92,00 ab
5. Lactofen	180	15,83 b	18,33 d	21,67 c	16,17 a	98,28 a
6. Cloreto de mepiquat	50	26,17 a	29,17 ab	35,50 a	12,67 bc	79,71 c
7. Cloreto de mepiquat	100	26,00 a	28,33 abc	30,83 ab	11,50 c	83,44 bc
8. Cloreto de mepiquat	200	25,83 a	31,67 a	32,50 ab	14,17 abc	84,85 bc
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+10,33	19,17 ab	25,83 abc	30,83 ab	14,17 abc	84,58 bc
DMS		9,29	7,33	8,90	3,29	11,98
C.V. (%)		33,60	23,96	25,78	21,00	10,71

^{1/}Onde, 0 significa plantas totalmente eretas e 100% plantas totalmente acamadas.

^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

De maneira geral, quanto maior a altura de plantas, maior a chance de ocorrer acamamento. Dessa forma, estes resultados apresentaram comportamento semelhante ao incremento em altura (Tabela 1.5), onde a maior dose de lactofen e o tratamento sem gema apical foram os que mais reduziram o crescimento das plantas de soja. Estes por sua vez foram influenciados diretamente pelos tratamentos que causaram maiores danos à planta e/ou a gema apical (tabela 1.2).

Os teores de lignina foram influenciados pelos tratamentos empregados de forma que quanto maiores os estresses (fitointoxicação, menor incremento em altura, entre outros), maior o teor de lignina no caule. Dessa forma, a testemunha sem aplicação apresentou o menor teor de lignina (78,19 mg g⁻¹ de parede), que foi equivalente aos teores mensurados para a menor dose de lactofen (88,01 mg g⁻¹ de parede), para lactofen + chlorimuron ethyl (84,58 mg g⁻¹ de parede) e para todas as doses de cloreto de mepiquat (79,71 a 84,84 mg g⁻¹ de parede). Latofen a 120 g ha⁻¹ e a testemunha sem meristema apical apresentaram 92,00 e 92,90 mg g⁻¹ de parede, sendo estes teores superiores à testemunha. O tratamento que apresentou o maior teor de lignina foi lactofen a 180 g ha⁻¹, chegando a 98,28 mg g⁻¹ de parede, ou seja, 25,69% superior à testemunha sem aplicação.

A lignina é um dos principais compostos responsáveis pela rigidez das células vegetais e, conseqüentemente, do caule das plantas. Em situações normais de crescimento e desenvolvimento o principal fator responsável pela deposição de lignina é a idade das células (Vicent et al., 2005), ou seja, quanto mais novas as células menor o teor de lignina e maior a capacidade de expansão. No entanto, esta condição pode ser modificada quando ocorrem estresses. Sob déficit hídrico controlado, células do limbo foliar de milho passaram a produzir sinalizadores para lignificação mais próximo à base da folha, fazendo com que a deposição de lignina sobre as células ocorresse de forma mais intensa em um local mais jovem (Vicent et al., 2005). Dessa forma, a maior resistência mecânica das células proporcionada pela lignina reduziu a extensibilidade da parede celular e diminuiu sua expansão (Vicent et al., 2005). Além disso, plantas sob estresse também apresentam menos proteínas transportadoras de auxina na membrana celular, reduzindo o transporte apolar desde hormônio e por conseqüência sua capacidade de promover a expansão celular (Nakayama et al., 2012). Estes dois fatores em conjunto reduzem o tamanho das células sem reduzir o teor de lignina nas mesmas. Dessa forma há aumento no teor de lignina no caule juntamente com menor crescimento de plantas.

A iluminância ou incidência de luz aferida à altura do solo é um indicativo direto da interceptação da radiação solar e indireto do fechamento das entrelinhas da cultura. Os resultados de fitointoxicação (Tabela 1.1), porcentagem de injúria (Tabela 1.2) e incremento de

altura (Tabela 1.5) demonstram os efeitos decorrentes da aplicação de lactofen sobre o crescimento das plantas de soja. No entanto, mesmo havendo diferenças para estas variáveis, tanto aos 15 quanto aos 30 DAA não foram observadas diferenças significativas para incidência de luz entre a testemunha e os tratamentos contendo reguladores de crescimento (Tabela 1.7).

Na literatura consta que o valor de índice de área foliar (IAF) ideal para cultivares de soja anteriores à década de 90 antiga é 3,2 (Yoshida, 1972). Em trabalho mais recente avaliando distribuição espacial de soja, Heiffig et al. (2006), constataram que 100% de fechamento entrelinhas (espaçamentos de 0,40 e 0,50 m), no estágio de desenvolvimento R5, teve IAF máximo próximo a 3,5, a partir deste estágio houve decréscimo gradativo devido à senescência das folhas inferiores. Variações abaixo ou acima de um intervalo ótimo podem influenciar negativamente a fotossíntese e/ou promover o autossombreamento em demasia, respectivamente. Board & Harville (1994) relatam que o intervalo ótimo de interceptação de luz pela soja varia entre 64 e 88% no estágio R1.

De acordo com os resultados aqui expressos, verifica-se que, em média, menos de 1% da radiação solar incidente sobre o dossel foliar da soja chegou ao solo, uma vez que acima das plantas foi aferido o valor médio de iluminância de 105400 lúmens m⁻². A hipótese principal para este resultado remete ao crescimento excessivo em altura, 115,02 cm na testemunha sem aplicação, aos 30 DAA, ligado à grande quantidade de folhas e, conseqüentemente, à interceptação quase que total da luz. Como este valor está muito além do ideal citado anteriormente (entre 64 e 88%), é provável que as folhas inferiores da soja apresentassem baixa atividade fotossintética devido ao autossombreamento e, como consequência, houve senescência e abscisão destas (Tabela 1.4).

Tabela 1.7. Valores de iluminância na base das plantas de soja e ângulo da haste principal na altura do solo e no terço mediano das plantas após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Iluminância (lúmem m ⁻²) ^{1/}		Inclinação da haste principal da soja na pré-colheita (°)			
		15 DAA	30 DAA	Terço inferior do caule		Terço médio do caule	
1. Testemunha sem aplicação	-	304,89 ab ^{2/}	428,38 a	80,92 b	73,67 b		
2. Sem gema apical	-	333,06 a	424,67 a	89,58 a	88,42 a		
3. Lactofen	60	285,50 ab	439,21 a	79,75 b	68,50 b		
4. Lactofen	120	280,44 ab	389,33 a	80,08 b	67,75 b		
5. Lactofen	180	286,61 ab	435,79 a	80,17 b	68,58 b		
6. Cloreto de mepiquat	50	281,72 ab	430,08 a	81,33 b	73,50 b		
7. Cloreto de mepiquat	100	270,00 b	395,17 a	84,90 ab	74,70 b		
8. Cloreto de mepiquat	200	282,56 ab	407,29 a	80,17 b	73,67 b		
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+10,33	248,67 b	440,63 a	81,17 b	69,08 b		
DMS		59,40	57,10	5,18	7,03		
C.V. (%)		17,80	11,62	5,41	8,25		

^{1/}Valores de iluminância acima do dossel apresentaram média de 105400 lúmens m⁻² durante as avaliações.

^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

Mesmo não havendo diferenças significativas na incidência de luz próximo ao solo devido ao lactofen, não é plausível descartar a possibilidade de maior penetração de luz nos extratos medianos e inferiores do dossel foliar, visto que o excessivo crescimento das plantas de soja pode ter causado um “efeito tampão” sobre esta variável. Mesmo havendo necrose de tecidos foliares (Tabela 1.1) e injúria às plantas (Tabela 1.2), estes não foram suficientes para propiciar redução de área foliar suficiente a ponto de influenciar a penetração de luz até o solo (local da medição).

A haste principal é a estrutura responsável pela fixação dos ramos secundários e da maioria das folhas e órgãos reprodutivos, é por ela que grande parte da seiva da planta é transportada. Danos causados à haste principal, com acamamento, podem resultar no rompimento dos vasos do xilema e floema, comprometendo o fluxo de nutrientes, hormônios, água e todos os componentes necessários ao crescimento e desenvolvimento pleno da planta. Nesse sentido, também foi avaliado o ângulo da haste principal na précolheita da soja (Tabela 1.7). O tratamento que teve o meristema apical retirado proporcionou menor inclinação da haste da soja no terço inferior ($89,58^\circ$), ou seja, a planta estava quase que totalmente ereta. Os demais tratamentos, excluindo-se cloreto de mepiquat a 100 g ha^{-1} , apresentaram ângulo de inclinação significativamente inferiores ao tratamento sem gema apical, variando entre $79,15^\circ$ e $81,33^\circ$, ou seja, leve acamamento.

Como as partes superiores da haste principal da soja normalmente apresentam menor diâmetro de caule, estas podem apresentar maior predisposição ao acamamento, dependendo do clima e do desenvolvimento da cultura. A inclinação observada no terço médio da haste foi numericamente maior que a inclinação no terço inferior. Todos os tratamentos, incluindo a testemunha sem aplicação, apresentaram inclinação superior (menor ângulo) à testemunha sem gema apical ($88,42^\circ$), sendo que lactofen a 60 , 120 e 180 g ha^{-1} , proporcionaram $68,50^\circ$, $67,75^\circ$ e $68,58^\circ$, respectivamente. Já na mistura de lactofen + chlorimuron-ethyl a inclinação aferida foi $69,08^\circ$ e nos tratamentos contendo cloreto de mepiquat, $73,50^\circ$, $74,70^\circ$ e $73,67^\circ$, para as doses 50 , 100 e 200 g ha^{-1} , respectivamente. Esta diferença em relação ao T2 (testemunha sem gema apical) ocorreu principalmente pela interrupção do crescimento, mediante a retirada do meristema, proporcionando menor altura de plantas (Tabela 1.5) e, por consequência, menor inclinação.

A haste principal da soja é a estrutura responsável pela sustentação e translocação de seiva para as folhas e órgão reprodutivos. Sendo assim, quanto mais espesso for o caule, maior a resistência deste ao acamamento. Fatores como estresse podem influenciar significativamente esta variável. Bowler & Fluhr (2000) relatam que os radicais livres atuam como sinalizadores

de genes responsáveis pela deposição de lignina em situações de estresse. O lactofen, por sua vez, promove estresse principalmente pela produção do oxigênio singlete, um radical livre extremamente reativo (Graham, 2005). Nesse sentido, variações no diâmetro de caule em decorrência deste estresse, podem ocorrer no campo.

Na avaliação précolheita, nenhum tratamento alterou significativamente o diâmetro de caule da soja em relação à testemunha sem aplicação (Tabela 1.8). A única diferença ocorreu entre o tratamento sem meristema apical e lactofen a 120 g ha^{-1} , cloreto de mepiquat a 200 g ha^{-1} e lactofen + chorimuron ethyl, sendo que o primeiro apresentou diâmetro inferior aos demais. O fato do meristema apical produzir hormônios que controlam a relação fonte-dreno pode ter influenciado negativamente no diâmetro de caule (Taiz & Zeiger, 2004), uma vez que a retirada do ápice apical se deu antes das plantas de soja atingirem seu crescimento total.

Menor altura de inserção da primeira vagem pode aumentar as perdas na colheita, a predisposição a doenças e à podridão. Porém, vagens muito distantes do solo representam menos nós reprodutivos e, por consequência, menos vagens e grãos. Mediante estes dois opostos, há um intervalo de valores que satisfaz estes dois requisitos sem comprometer o rendimento de grãos. Esta característica não apresenta valores ótimos, sendo dependente de diversos fatores, além dos citados anteriormente, como relevo do terreno, altura final das plantas de soja, condições climáticas, qualidade do sistema de corte da colhedora, entre outros.

Mesmo apresentando menor incremento de altura de plantas (Tabela 1.5), o tratamento que proporcionou maior altura de inserção da primeira vagem foi lactofen a 180 g ha^{-1} (26,67 cm), sendo significativamente superior à testemunha, tratamento sem meristema apical, cloreto de mepiquat a 50 e 100 g ha^{-1} e à mistura lactofen + chlorimuron ethyl. Por outro lado, a retirada do meristema apical acompanhou os resultados de incremento de altura e apresentou a menor altura de inserção da primeira vagem (18,07 cm).

Os componentes de produção são um importante indicativo da produtividade de uma cultura. Qualquer variação que ocorra neles pode resultar em ganho ou perda de rendimento, sendo que no campo estas variáveis são analisadas em conjunto. O número médio de vagens por planta compõe uma destas variáveis. Ao analisar a influência dos tratamentos sobre ela, observa-se que o único tratamento que superou significativamente a testemunha foi cloreto de mepiquat a 200 g ha^{-1} , com 36,65 vagens por planta. Já o número médio de grãos por vagem (4,67) e o número total de grãos por planta (87,68) não foram alterados pelos tratamentos.

Tabela 1.8. Diâmetro de caule entre o nó V9 e V10, altura de inserção da primeira vagem, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem e número total de grãos por plantas após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha⁻¹)	Diâmetro (mm)	Altura 1^a vagem (cm)	Número de vagens por planta	Número de Grãos por vagem	Número de grãos por planta
1. Testemunha sem aplicação	-	5,31 ab ^{1/}	23,15 bc	31,97 b	2,45 a	80,87 a
2. Sem gema apical	-	5,04 b	18,07 d	33,58 ab	2,46 a	84,95 a
3. Lactofen	60	5,27 ab	24,82 ab	35,77 ab	2,49 a	90,78 a
4. Lactofen	120	5,44 a	24,30 abc	35,85 ab	2,45 a	90,07 a
5. Lactofen	180	5,23 ab	26,67 a	35,68 ab	2,56 a	91,97 a
6. Cloreto de mepiquat	50	5,32 ab	22,67 bc	34,92 ab	2,49 a	89,13 a
7. Cloreto de mepiquat	100	5,25 ab	21,63 c	32,30 b	2,45 a	81,42 a
8. Cloreto de mepiquat	200	5,46 a	23,97 abc	36,65 a	2,45 a	92,85 a
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+10,33	5,45 a	22,68 bc	34,93 ab	2,43 a	87,10 a
DMS		0,37	2,17	4,34	0,12	12,88
C.V. (%)		6,11	10,06	10,76	4,19	12,59

^{1/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

O rendimento de grãos resulta da capacidade da planta interceptar, absorver e utilizar a radiação fotossinteticamente ativa para produzir e fornecer fotoassimilados à formação, fixação e desenvolvimento de estruturas reprodutivas (Egli & Cornelius, 2009; Proulx & Naeve, 2009) e se correlaciona linearmente com o número de grãos por área. O número de vagens por área influencia mais o rendimento de grãos do que o número de grãos por vagem (Board & Harville, 1994; Board & Maricherla, 2008).

O número de vagens com um, dois, três e quatro grãos encontram-se na Tabela 1.9. Os resultados apresentam pequena variação, sendo que lactofen a 180 g ha⁻¹ apresentou o menor número de vagens com um grão, quando comparado à lactofen a 120 g ha⁻¹, às duas maiores doses de cloreto de mepiquat e à mistura de lactofen+ chlorimuron. A testemunha e cloreto de mepiquat a 100 g ha⁻¹ foram os tratamentos com menor número de vagens com 2 grãos, 9,07 e 9,20, respectivamente, sendo inferiores ao tratamento contendo a maior dose de lactofen e a maior dose de cloreto de mepiquat. As vagens com 3 grãos variaram entre 19,07, e 21,38, não diferindo entre si. Mesmo os tratamentos proporcionando valores significativamente diferentes de vagens com quatro grãos, 0,95 na menor dose de cloreto de mepiquat e 0,42 para maior dose de lactofen, respectivamente, estas grandezas são pouco importantes proporcionalmente ao total de vagens (Tabela 1.8). Segundo Board & Harville (1993), a menor produção de fotoassimilados entre os estádios R4 e R6 reduz o rendimento de grãos mais pela redução do número de vagens por nó do que pelo número de grãos por vagem. Da mesma forma que os dados apresentados neste trabalho, Mundstock & Thomas (2005) constataram que o número de grãos por vagem varia entre 1 e 4, sendo mais frequente a ocorrência de 2 a 3.

Tabela 1.9. Número de vagens com um, dois, três e quatro grãos de soja após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Número de vagens com um, dois, três e quatro			
		Um	Dois	Três	Quatro
1. Testemunha sem aplicação	-	3,25 abc ^{1/}	9,07 c	19,07 a	0,55 bc
2. Sem gema apical	-	2,65 bc	11,12 a	19,22 a	0,58 bc
3. Lactofen	60	3,25 abc	10,85 ab	20,83 a	0,83 ab
4. Lactofen	120	3,80 ab	10,65 abc	20,63 a	0,77 abc
5. Lactofen	180	2,15 c	11,72 a	21,38 a	0,42 c
6. Cloreto de mepiquat	50	3,00 abc	10,57 abc	20,38 a	0,95 a
7. Cloreto de mepiquat	100	3,43 ab	9,20 bc	19,08 a	0,58 bc
8. Cloreto de mepiquat	200	3,73 ab	11,00 a	21,02 a	0,88 ab
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+ 10,33	3,87 a	10,63 abc	19,70 a	0,72 abc
DMS		1,20	1,67	3,82	0,35
C.V. (%)		31,81	13,60	16,29	43,30

^{1/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

Na Tabela 1.10 está expresso a massa de 1000 grãos, porcentagem de umidade e rendimento de grãos de soja. Para a primeira variável-resposta citada não há diferenças significativas entre as massas decorrentes da aplicação dos tratamentos. Quanto à umidade, somente cloreto de mepiquat a 200 g ha⁻¹ proporcionou valor significativamente maior (22,40%) do que a testemunha (19,60%).

Tabela 1.10. Massa de 1000 grãos, umidade de grãos e produtividade da soja após a aplicação dos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Dose (g ha ⁻¹)	Massa 1000 grãos(g)	Umidade (%)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
1. Testemunha sem aplicação	-	170,48 a ^{1/}	19,60 b	4965,30 bc
2. Sem gema apical	-	165,92 a	19,70 ab	5028,75 abc
3. Lactofen	60	165,98 a	19,68 ab	5069,49 abc
4. Lactofen	120	165,30 a	20,08 ab	5306,63 ab
5. Lactofen	180	164,17 a	20,51 ab	5403,22 a
6. Cloreto de mepiquat	50	173,13 a	20,42 ab	4781,13 c
7. Cloreto de mepiquat	100	170,73 a	20,45 ab	5093,96 abc
8. Cloreto de mepiquat	200	163,87 a	22,40 a	5089,13 abc
9. Lactofen + Chlorimuron ethyl	100+10,33	171,73 a	21,10 ab	4938,70 bc
DMS		13,79	2,79	403,53
C.V. (%)		6,67	11,71	6,81

^{1/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

A fertilidade do solo e as condições climáticas ocorridas durante a condução do experimento proporcionaram uma produtividade média relativamente alta, 5075,14 kg ha⁻¹,

quando comparada à média paranaense de 3499,00 kg ha⁻¹ (Conab, 2015). No entanto, este valor foi ainda maior, quando se observa apenas a produtividade no tratamento que recebeu a aplicação de lactofen a 180 g ha⁻¹ (5403,22 kg ha⁻¹), o qual foi significativamente superior à testemunha, com 4965,30 kg ha⁻¹, ou seja, resultou em um acréscimo de 437,92 kg ha⁻¹.

Na literatura há autores que demonstram situações de queda de rendimento, em função da aplicação de inibidores da PROTOX (Suwanketnikon & Panyakit, 1995; Heiffig, 2006). No entanto, trabalhos que evidenciam aumento de rendimento decorrentes única e exclusivamente da aplicação destes herbicidas são escassos. Nestes ensaios, o objetivo primeiro foi determinar a seletividade deste inibidor da PROTOX para a cultura da soja, ou seja, os estádios de aplicação foram mais precoces do que o apresentado no presente trabalho.

A maioria dos trabalhos que envolve seletividade (Wichert, 1993; Suwanketnikon & Panyakit, 1995; Heiffig, 2006; Alonso et al., 2013), independentemente do estádio de desenvolvimento da cultura, estão a mercê das variações climáticas. Dependendo da interação entre clima, solo, cultura e tratos culturais os resultados podem ser positivos, negativos ou neutros, tendo o autor responsabilidade de quantificar ou isolar ao máximos estas variações sobre o resultado final. Para o presente ensaio, as condições foram de maneira geral ótimas para o crescimento e desenvolvimento da soja, que por sua vez apresentou crescimento vegetativo excessivo, fato que em culturas como a do algodão são muito bem estudadas e quantificadas. No caso da soja, em trabalho recente realizado por Copetti (2014), o autor considera um índice de área foliar adequado entre 5 e 8. Mesmo não tendo aferido índice de área foliar neste ensaio, a variável-resposta porcentagem de desfolha demonstra que este estava acima do ideal, pois o autossombreamento foi tão intenso que, no estádio R2, o valor médio era de 21% (Tabela 1.4) e se concentrava principalmente no terço inferior, local de maior sombreamento.

Desta forma, o menor incremento de altura causada pelo lactofen pode ter culminado em um índice de área foliar menor e proporcionado uma situação favorável ao aumento de produtividade. Casaroli et al. (2007) relatam que pequenos estresses podem melhorar a conversão fotossintética, realocação de reservas e otimização dos processos enzimáticos, resultando em ganhos de rendimento. Além disso, a aplicação de lactofen produz espécies reativas de oxigênio (EROS), sendo que estas são responsáveis por mediar a ativação de genes de defesa (Buchanan et al., 2000), entre estes os responsáveis pela lignificação das paredes celulares (Bowler & Fluhr, 2000).

Nos sistemas biológicos, de maneira geral, os eventos são inter-relacionados. Reações e respostas dificilmente ocorrem de forma isolada, podendo ser compensatórias, inibitórias, somatórias ou sinérgicas. Na agronomia, a interação entre estes fatores é o ponto chave para

compreender e, conseqüentemente, manipular os resultados finais esperados. Normalmente as respostas seguem uma ordem e vão se sobrepondo até o resultado final. Em muitos casos, ganhos ou perdas de produtividade não dependem exclusivamente de um único evento, mas da duração e período de ocorrência.

Na Tabela 1.11 são apresentadas as correlações entre as variáveis respostas analisadas no experimento. As correlações entre altura aos 8 DAA e acamamento aos 8, 16, 29 e 66 DAA foram significativas e positivas. Altura aos 16, 29 e 66 DAA também apresentaram o mesmo comportamento, quando correlacionadas ao acamamento aos 66 DAA. Dentre as variáveis citadas anteriormente, em ordem cronológica, uma das primeiras a ser afetada, após a aplicação de lactofen, foi, provavelmente, incremento em altura, que apresenta grande importância na resposta ao acamamento. Seguindo o comportamento numericamente oposto, mas que remete aos mesmo resultados descritos anteriormente, está o ângulo da haste principal, com correlações próximas à -0,55, ou seja, quanto maior a altura das plantas, menor o ângulo da haste principal.

No que diz respeito à injúria, houve correlação negativa com acamamento aos 16 e 30 DAA, período em que a maior massa vegetal ainda era de folhas. Na avaliação de acamamento na précolheita (66 DAA), os valores de correlação com injúria foram positivos. Esta inversão de comportamento provavelmente ocorreu pela mudança na massa que o caule suportava nas duas ocasiões. Aos 16 e 29 DAA o menor incremento de altura de plantas (Tabela 1.5), associado à maior quantidade de lignina (Tabela 1.6), decorrentes das injurias causadas pela aplicação lactofen (Tabela 1.3) contribuíram para um menor acamamento (Tabela 1.6). No entanto, estes mesmo eventos proporcionaram condições de maior rendimento (Tabela 1.10) e, conseqüentemente, maior massa suportado pelo caule, fato que pode ter contribuído para um aumento do acamamento na colheita.

Tabela 1.11. Matriz de correlações entre as características da soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen no estádio R1/R2.

	Injúria				Altura				Desfolha				Acamamento				Lignina	Ang M	Ang S	Diam	Lux 16	Lux 29	Alt vag	g/v	N/v	N/g	milg
	3 ^{1/}	8	16	29	8	16	29	66	16	29	56	8	16	29	66												
8	0,92*																										
Injúria 16	0,92	0,98																									
Injúria 29	0,92	0,95	0,98																								
8	0,18	0,19	0,20	0,22																							
16	0,16	0,16	0,17	0,19	0,85																						
Altura 29	0,16	0,16	0,17	0,18	0,88	0,96																					
Altura 66	0,16	0,16	0,17	0,18	0,86	0,96	0,96																				
16	0,06	0,10	0,11	0,13	0,24	0,09	0,09	0,13																			
Desfolha 29	0,01	-0,03	-0,01	-0,04	0,12	0,16	0,21	0,08	-0,11																		
Desfolha 56	-0,06	-0,10	-0,11	-0,11	0,03	0,07	0,03	0,12	0,26	-0,03																	
8	-0,23	-0,26	-0,24	-0,23	0,29	0,15	0,21	0,14	0,42	0,19	-0,04																
Acamamento 16	-0,29	-0,30	-0,28	-0,29	0,37	0,23	0,30	0,23	0,37	0,14	-0,06	0,75															
Acamamento 29	-0,31	-0,27	-0,25	-0,27	0,32	0,19	0,23	0,18	0,33	0,12	-0,11	0,41	0,80														
Acamamento 66	0,45	0,44	0,43	0,44	0,48	0,52	0,55	0,56	0,27	-0,09	0,17	0,11	0,09	0,01													
Lignina	0,32	0,43	0,40	0,43	-0,26	-0,24	-0,25	-0,23	<-0,01	-0,16	-0,11	-0,14	-0,38	-0,47	0,17												
AngM	-0,26	-0,31	-0,30	-0,29	-0,43	-0,51	-0,52	-0,50	0,17	-0,10	0,11	0,05	0,06	0,06	-0,36	0,02											
AngSM	-0,47	-0,49	-0,52	-0,51	-0,56	-0,62	-0,62	-0,60	0,11	-0,16	0,15	0,03	0,02	0,02	-0,52	0,05	0,68										
Diam	0,10	0,10	0,10	0,09	0,38	0,33	0,31	0,25	0,09	0,28	0,03	0,06	0,06	-0,02	0,02	-0,08	-0,37	-0,26									
Lux16	-0,20	-0,14	-0,15	-0,20	-0,29	-0,28	-0,29	-0,34	0,13	0,00	0,21	0,04	-0,06	-0,03	0,00	0,10	0,36	0,31	-0,09								
lux29	0,15	0,06	0,02	0,05	-0,10	-0,05	-0,04	-0,07	-0,41	-0,09	-0,32	-0,24	-0,08	0,01	0,02	0,12	-0,18	-0,12	0,05	-0,24							
altvag	0,41	0,46	0,47	0,50	0,55	0,49	0,50	0,53	0,13	-0,10	0,12	-0,02	-0,05	-0,07	0,55	-0,02	-0,42	-0,49	0,26	-0,09	-0,05						
g/v	0,17	0,20	0,21	0,16	0,11	-0,02	-0,01	0,02	0,11	-0,20	-0,15	-0,02	0,01	0,09	0,02	0,08	0,06	-0,04	-0,11	0,04	-0,06	0,12					
N/v	0,26	0,26	0,30	0,25	0,19	0,08	0,10	0,07	0,22	0,14	-0,13	0,10	0,16	0,11	0,16	0,06	-0,16	-0,15	0,35	-0,12	-0,05	0,25	0,46				
N/g	0,24	0,25	0,28	0,22	0,19	0,06	0,08	0,06	0,21	0,09	-0,14	0,09	0,15	0,11	0,13	0,05	-0,12	-0,13	0,30	-0,07	-0,07	0,24	0,62	0,98			
milgr	-0,14	-0,13	-0,14	-0,08	0,04	0,11	0,09	0,11	0,21	-0,08	0,14	0,12	-0,05	-0,05	-0,01	-0,01	0,08	0,07	0,03	-0,19	0,10	0,11	-0,10	-0,17	-0,16		
Prod.	0,28	0,33	0,31	0,28	0,06	0,01	0,02	0,01	-0,18	0,13	-0,11	-0,26	-0,42	-0,46	0,06	0,47	-0,04	-0,12	0,09	-0,04	0,09	0,04	0,06	0,00	0,02	-0,09	

^{1/}3= DAA; 8= DAA; 16= DAA; 29= DAA; 56= DAA; 66= DAA; Ang M e S= Ângulo do terço médio e superior, respectivamente; Diam= diâmetro; Ilum 16 e 29= Iluminância aos 16 e 29 DAA, respectivamente; Alt vag= altura de inserção de vagem; g/v= número de grãos por vagem; N/v= número de vagens por planta; N/g= número grãos por planta, milgr= massa de mil grãos e; Prod.= produtividade. * = Correlação positiva ($\alpha = 0,05$) e = correlação negativa ($\alpha = 0,05$).

A variável desfolha aos 16 DAA apresentou correlação positiva com o acamamento. Normalmente esta resposta ocorre devido a modificação na disposição das folhas em função da mudança no ângulo e posição da haste principal e secundárias levando as folhas ao autossombreamento mais intenso.

A produtividade apresentou correlação positiva com a injúria. No entanto, esta variável é o primeiro evento morfológico decorrente da inibição da PROTOX e, por consequência, a desencadeadora de outros eventos que ocorreram posteriormente. A injúria em si só pode não ser a causa principal, mas sim o evento que desencadeia alterações de maior relevância como a redução no acamamento. Neste ensaio o aumento no acamamento apresentou correlação negativa na produtividade quando as avaliações foram realizadas aos 16 e 29 DAA, com valores de -0,42 e -0,46, respectivamente. Destacando que estas datas correspondem às fases de formação de vagens e enchimento de grãos, respectivamente, períodos em que há forte demanda por fotoassimilados e quando os tecidos vasculares são utilizados mais intensamente para transporte destes.

A lignina, principal substância responsável pela sustentação da planta, apresentou correlação negativa com acamamento aos 16 e 29 DAA, ou seja, quanto maior o teor desta menor o acamamento. Esta variável também se correlacionou com a produtividade, sendo que quanto maior o teor de lignina maior foi a produtividade. Estes resultados demonstram como as influências proporcionadas pela aplicação de lactofen podem promover eventos em cadeia que levem a planta a uma maior produtividade.

A Tabela 1.12 apresenta a compilação qualitativa dos resultados apresentados durante a discussão. Os tratamentos testemunha sem gema apical e lactofen a 180 g ha⁻¹ foram os que proporcionaram maiores modificações ou estresse às plantas, afetando maior número de variáveis-resposta por mais tempo. No entanto, somente no tratamento onde a maior dose de lactofen foi aplicada houve acréscimo significativo em produtividade. Este fato pode estar relacionado à redução no acamamento de plantas registradas aos 8, 15 e 30 DAA, identificados como estádios R2, R3/R4 e R5, respectivamente. Neste período há intensa atividade metabólica das plantas, sendo que uma das principais mudanças é a remobilização de nutrientes e a alteração na relação fonte-dreno. Para tanto, os vasos xilemáticos e os elementos de vaso são primordiais e a ocorrência de acamamento neste período pode rompê-los e comprometer o enchimento de grãos.

CONCLUSÕES

O teor de lignina, altura e acamamento da soja estão correlacionados e são influenciados pela aplicação de lactofen. Este por sua vez, quando aplicado na dose de 180 g ha⁻¹, pode ser utilizado como retardador de crescimento, prevenindo a queda de produtividade na cultura a soja, cultivar BMX Potência RR[®]. Já o cloreto de mepiquat não apresenta efeito sobre a cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, G.; HASSAN, G.; ASLAM, M.; HUSSAIN, I. SAEED, S.; ABBAS, Z.; ULLAH, K. Cotton response to multiple application of growth inhibitor (mepiquat chloride). **Pakistan Journal of Agricultural Science**, v.47, n.3, p.195-199. 2010.

ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; SANTOS, G.; DAN, H.A.; OLIVEIRA NETO, A.M. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, n.31, v.1, 203-212, 2013.

BARBOSA, G.C.; FRUGERI, A.P.; BORTOLOTO, O.C.; SILVA, G.V.; BUENO, A.F. Impacto de diferentes níveis de injúrias sobre a produtividade de cultivares de soja de hábito de crescimento determinado e indeterminado. In: VII JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA. 2015. **Resumos expandidos...**: Londrina: Embrapa Soja, 2015. p.62-67.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapacethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agraria**, v.8, n.2, p.127-134, 2007.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, n.86, p.1103-1106, 1994.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Soybean yield component responses to a light interception gradient during the reproductive period. **Crop Science**, v.33, p.772-777, 1993.

BOARD, N.; MARICHERLA, D. Explanations for decreased harvest index with increased yield in soybean. **Crop Science**, v.48, p.1995-2002, 2008.

BOWLER, C.; FLUHR, R. The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance. **Trends in Plant Science**, v.5, n.6, p.241-246, 2000.

BUZZELLO, G.L. **Uso de reguladores no controle do crescimento e no desempenho agrônomo da cultura da soja cultivar CD 214 RR**. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR.

CAMPOS, M.F. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2005. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu - SP.

CASAROLI, D.; FAGAN, E.B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S.P.; MAFRON, A.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q.J.V.; MÜLLER, L.; MARTIN, T.N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista da FZVA**, v.14, n.2, p.102-120, 2007.

CATO, S.C.; CASTRO, P.R.C. Redução da altura de plantas de soja causada pelo ácido 2,3,5-triidobenzóico. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p. 981-984, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas**. Disponível em: <http://http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf>. Acesso em: 18 de dezembro de 2015.

COPETTI, M.Q. **Área foliar da soja em relação ao uso de bioestimulantes**. 2014. 37 f. Tese (Doutorado). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí - RS.

CORRÊA, M.J.; ALVES, P.L.C.A. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.5, p.1136-1145, 2010.

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

EGLI, D.B.; CORNELIUS, P.L. A regional analysis of the response of soybean yield to planting date. **Agronomy Journal**, v.101, n.2, p.330-335, 2009.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Paraná 2006**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 208 p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of 3rd and 4rd meetings of EWRC. Committee of methods in weed research. **Weed Research**, v.4, p.88, 1964.

FERRARI, J.V.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, S.; SANTOS, D.M.A.; VAL, H.C.; SANTOS, M.L. Intensidade luminosa em função da aplicação de regulador de crescimento e espaçamentos em algodoeiro. In: 6^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. Uberlândia-MG, 2007. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Amipa. 2007.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

GRAHAM. M.Y. The diphenylether herbicide lactofen induces cell death and expression of defense-related genes in soybean. **Plant Physiology**, v.139, p.1784–1794, 2005.

HECKMAN, N.L.; ELTHON, T.E.; HORST, G.L.; GAUSSOIN, R.E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, v.42, p.423-427, 2002.

HEIFFIG, L.S. **Interação herbicida pós-emergente Lactofen e micronutrientes Co e Mo aplicados via foliar na cultura da soja**. 2008, 92 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba - SP.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.P.; PIEDADE, S.M.S; Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v.65, n.2, p.285-295, 2006.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V.F.; SANTOS, D.; BENCKE, M.H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.3, p.373-379, 2008.

MEROTTO JR. A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; ALMEIDA, M.L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.9-16, 2002.

MEROTTO JR., A.; FISCHER, A.J.; VIDAL, R.A. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.407-419, 2009.

MOREIRA-VILAR, F. C; SIQUEIRA-SOARES, R.C.; FINGER-TEIXEIRA, A.; OLIVEIRA, D.M.; FERRO, A.P.; DA ROCHA, G.J.; FERRARESE, M.L.L.; DOS SANTOS, W.D.; FERRARESE-FILHO, O. The acetyl bromide method is faster, simpler and presents best recovery of lignin in different herbaceous tissues than klason and thioglycolic acid methods. **Plos One**, v.9, n.10, p.1-7, 2014.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31p.

NAGASHIMA, G.T.; MIGLIORANZA, É.; MARUR, C.J.; YAMAOKA, R.S.; SILVA, J.G.R. Desenvolvimento do algodoeiro em resposta a modo de aplicação e doses de cloreto de mepiquat via sementes. **Ciência Rural**, v.40, n.1, p.7-11, 2010.

NAKAYAMA, N.; SMITH, R.S.; MANDEL, T.; ROBINSON, S.; KIMURA, S.; BOUDAUD, A.; KUHLEMEIER, C. Mechanical regulation of auxin-mediated growth. **Current Biology**, v.22, p.1468-1476, 2012.

OLIVEIRA JR., R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Editora Omnipax. 2011, 348 p.

PANKAJ, K.; HIREMATH, S.M.; CHETTI, M.B. Studies on foliar application of growth regulators on biomass production, harvest index and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Annals of Agricultural Research**, v.22, n.2, p.221-224, 2001.

PROULX, R.A.; NAEVE, S.L. Pod removal, shade, and defoliation effects, on soybean yield, protein, and oil. **Agronomy Journal**, v.101, n.4, p.971-978, 2009.

SANTOS, O.S. **A cultura da soja, 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná**. Rio de Janeiro: Globo, 1988.

SOUZA, C.A.; FIGUEIREDO, B.P.; COELHO, C.M.M.; CASA, R.T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v.29, n.3, p.634-643, 2013.

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 Agricola**, v.59, n.1, p.99-106, 2002.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's guide**. Cary: 1999. 943p.

SUWANKETNIKON, R.; PANYAKIT, E. Postemergence application of acifluorfen, fomesafen and lactofen for broadleaf weed control in soybean. In: ASIAN-PACIFIC WEED SCIENCE SOCIETY CONFERENCE, 15., Tsukuba, 1995. **Proceedings 1 (B)**. Tsukuba: APWSS, 1995. p.884-887.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VINCENT, D.; LAPIERRE, C.; POLLET, B.; CORNIC, G.; NEGRONI, L.; ZIVY, M. Water deficits affect caffeate O-methyltransferase, lignification, and related enzymes in maize leaves. A proteomic investigation. **Plant Physiology**, v.137, n.3, p.949-960, 2005.

WICHERT, R.A.; TALBERT, R.E. Soybean [*Glycine max* (L.)] response to lactofen. **Weed Science**, v.41, n.1, p.23-27, 1993.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Plant Physiology**, v.23, p.437-464, 1972.

CAPÍTULO 2

Influência da aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios fenológicos sobre o crescimento e produtividade da soja no município de Ivaiporã – PR

RESUMO

A ação dos herbicidas pós-emergentes inibidores da enzima Protox sobre as novas variedades de soja têm se tornado tema relevante nos últimos anos. As novas cultivares apresentam morfologia mais compacta, têm ciclo menor e são semeadas em épocas e condições diferentes das encontradas na década de 90. Além disso, pouco se sabe sobre as respostas específicas da cultura da soja RR submetida a aplicações de lactofen em condições de estresse hídrico. Nesse sentido, o objetivo deste experimento foi avaliar o crescimento e produtividade da cultura da soja após a aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios de desenvolvimento no Município de Ivaiporã – PR. O experimento foi realizado no ano agrícola de 2013/2014 no Município de Ivaiporã – PR com a cultivar BRS 360 RR[®]. Foi utilizado o esquema fatorial (4 x 3) + 1, sendo: quatro doses de lactofen (60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹); três estádios de desenvolvimento da soja no momento de aplicação do herbicida (V3/V4, V7/V8 e R1/R2); e uma testemunha adicional sem herbicida. O lactofen, independentemente do estádio de desenvolvimento da soja e dose empregada, reduziu o crescimento das plantas, sendo mais expressiva a resposta nas maiores doses. A aplicação do mesmo nas doses de 180 e 240 g ha⁻¹, no estádio V7/V8, antecedendo um período de estresse hídrico, causou queda de produtividade da soja, sendo que, as menores doses (60 e 120 g ha⁻¹) foram seletivas. Já as aplicações das doses entre 60 e 240 g ha⁻¹, realizadas no início do desenvolvimento e início da fase reprodutiva não causaram queda de produtividade da cultura, apenas redução nos parâmetros de crescimento. Ou seja, em situação de estresse hídrico posterior à aplicação de doses elevadas de lactofen sobre a soja, cultivar BRS 360 RR[®], há maior fitointoxicação à cultura seguido de queda de rendimento.

Palavras-chave: Estresse hídrico. Queda de rendimento. Necrose. Seletividade.

lactofen application of influence in different doses and phenological stages on growth and soybean yield in the municipality of Ivaiporã – PR

ABSTRACT

The action of post-emergent herbicides Protox inhibitors on new soybean varieties have become important issue in recent years. New cultivars have more compact morphology, have manor cycle and are sown at different times and conditions found in the 90 Moreover, little is known about the specific responses of the RR soybean submitted to aplicações of lactofen in conditions conditions water stress. In this sense, the objective of this study was to evaluate the growth and productivity of soybean after applying lactofen in different doses and stages of development in the municipality of Ivaiporã - PR. The experiment was conducted in the agricultural year 2013/2014 in the municipality of Ivaiporã - PR with BRS 360 RR[®]. It was used factorial (4 x 3) + 1, with four doses of lactofen (60, 120, 180 and 240 g ha⁻¹); three soybean growth stages at the time of herbicide application (V3/V4, V7/V8 and R1/R2); and an additional control without herbicide. The lactofen, regardless of soybean development stage and dose used, reduced plant growth, and more significant response at higher doses. The application of it in doses of 180 and 240 g ha⁻¹, V7/V8 stage, preceding a period of water stress caused soybean yield loss, while the lower doses (60 and 120 g ha⁻¹) They were selective. Since applications of dosages between 60 and 240 g ha⁻¹ made early in the development and early reproductive stage did not cause decrease of productivity of culture, merely a reduction in the growth parameter settings. That is, in a position higher water stress applying high doses of lactofen on soybean cultivar RBS 360 RR[®], no greater phytotoxicity to the following crop yield loss.

Keywords: Hydrical stress. Yield loss. Necrosis. Selectivity.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a forma de se cultivar tem evoluído cada vez mais rápido. Novas tecnologias são lançadas em intervalo de tempo cada vez menor, contemplando as mais diversas áreas. Atualmente são encontradas no mercado variedades de soja com diversas características, algumas introduzidas por meio da engenharia genética e outras por meio do melhoramento convencional. No entanto, a cada passo que se dá na implementação de uma nova tecnologia, independentemente da sua natureza, deve-se considerar que a resposta da cultura ao novo sistema produtivo pode ser modificada. Em muitos casos, situações específicas de cultivo ou clima podem influenciar positiva ou negativamente, sendo assim, estudos prévios são determinantes para o sucesso das constantes inovações (Vernetti & Vernetti Junior, 2009).

Atualmente, as novas variedades de soja utilizadas são em sua grande maioria diferentes, principalmente do ponto de vista morfológico, das variedades utilizadas no século passado (Ceolin Cera et al., 2014). O ciclo de desenvolvimento ficou menor e, portanto, adversidades climáticas tendem a causar mais efeitos negativos. O hábito de crescimento adotado atualmente é, predominantemente, o indeterminado, com plantas apresentando folhas menos horizontais e folíolos menores (Meotti et al., 2012; Vernetti e Vernetti Junior, 2009).

Mesmo diante das constantes inovações, gargalos decorrentes do pouco conhecimento ou uso inadequado das tecnologias são constantes, fazendo com que técnicas ou produtos que caíram em desuso muitas vezes ressurgam como novas alternativas. Normalmente estas soluções, já conhecidas, retornam para sanar problemas específicos e acabam por serem empregadas de forma errada e/ou prejudicial. Entre os exemplos que podem ser citados, encontra-se a soja resistente ao glyphosate, que durante as primeiras décadas de uso não necessitava de outro herbicida senão o inibidor da EPSPs. Sendo assim, o conhecimento acerca da interação entre as novas cultivares de soja e outros herbicidas, principalmente os inibidores da PROTOX, foram deixados de lado. Atualmente, estes herbicidas voltaram a ser utilizados como alternativas para o controle de plantas daninhas resistentes ou mesmo para controlar o crescimento da soja em situações específicas. Nesse sentido, o objetivo deste experimento foi avaliar o crescimento e produtividade da cultura da soja após a aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios de desenvolvimento no Município de Ivaiporã – PR.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante a safra 2013/2014 na Fazenda Madureira, localizada no município de Ivaiporã, PR (24°13'55.54" de latitude sul, 51°35'42.21" de longitude oeste e 660 metros de altitude).

O solo da área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 2006), de textura muito argilosa, com 736, 214 e 50 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente. Os parâmetros químicos foram: pH em CaCl₂ de 4,87; 15,35 g kg⁻¹ de carbono; 3,08 mg dm⁻³ de P; e Ca, Mg, Al + H e K iguais a 4,28, 1,09, 5,15 e 0,59 cmolc dm⁻³, respectivamente.

A semeadura do cultivar de soja BRS 360 RR[®] foi realizada em 28 de outubro de 2013. O espaçamento entrelinhas de semeadura foi de 0,45 m com população final de 400 mil plantas por hectare. Por ocasião da semeadura foi realizada a adubação com 280 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-18. As condições climáticas ocorridas durante a execução do experimento encontram-se na Figura 2.1.

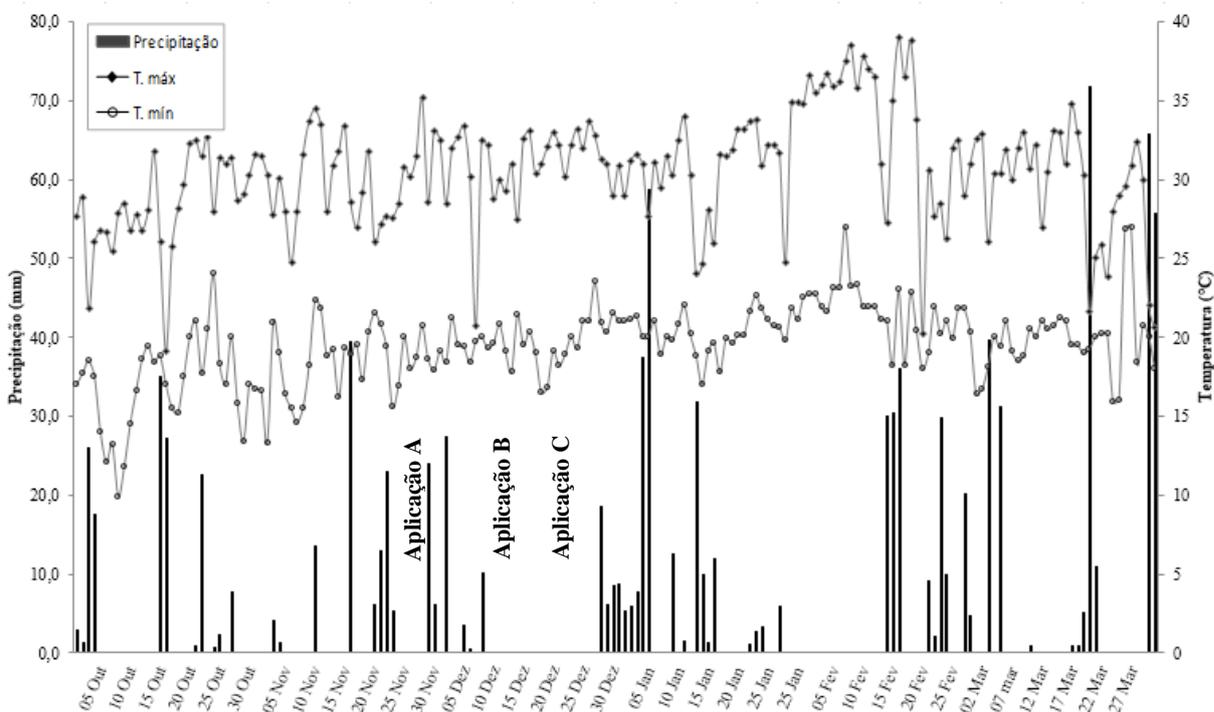


Figura 2.1. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima observadas durante os meses de condução do experimento e épocas de aplicação dos tratamentos. Dados coletados pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento - SEAB. Ivaiporã, PR, 2013/2014.

A cultivar BRS 360 RR[®] apresenta hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, folíolos lanceolados e moderada resistência ao acamamento. Devido à esta última característica, a semeadura deve ser realizada nas primeiras épocas, afim de evitar o crescimento excessivo e, por consequência o acamamento. Recomendada para as regiões 201, 202 e 204 (PR, SP e MS - do Norte e Oeste do Paraná ao Centro Sul e Sudoeste de Mato Grosso do Sul), possui grupo de maturidade relativa 6.2 (precoce) e hábito de crescimento indeterminado. Mesmo sendo considerada uma cultivar promissora pela Embrapa, pois

apresenta características que técnicos e produtores buscam, situações de acamamento já na fase de multiplicação das sementes causaram receio em algumas regiões.

Na área experimental o controle químico das plantas daninhas foi realizado de acordo com o restante da propriedade, sendo a dessecação de manejo realizada com os herbicidas glyphosate (960 g ha⁻¹) e 2,4-D (670 g ha⁻¹) em mistura com chlorimuron-ethyl (20 g ha⁻¹) e sulfentrazone (150 g ha⁻¹) 15 dias antes da semeadura da soja. Em pós-emergência da cultura e plantas daninhas foi aplicado ghyphosate a 720 g ha⁻¹ quando a soja estava com três trifólios, sendo que plantas daninhas remanescentes foram controladas por meio de capina manual. O controle de doenças e pragas foi realizado por meio de amostragens ou de acordo com as condições climáticas, de modo que não foram observados danos à soja que possam ser atribuídos a estes fatores.

O experimento foi instalado no esquema fatorial (4 x 3) + 1, sendo composto por quatro doses de lactofen (60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹), três estádios de desenvolvimento da soja no momento de aplicação do herbicida (V3/V4, V7/V8 e R1/R2) e uma testemunha adicional sem herbicida.

A primeira aplicação foi realizada no estádio V3/V4 no dia 27 de novembro de 2013 (aplicação A) entre 10:25 e 10:55 horas. A temperatura média estava em 27°C, umidade relativa do ar de 65%, solo úmido, velocidade do vento de 2,2 km h⁻¹ e céu com poucas nuvens. Na segunda aplicação, realizada no estádio de desenvolvimento V7/V8 em 12 de dezembro de 2013 (aplicação B) entre as 9:10 e 9:45 horas, a temperatura era de 25°C, umidade do ar de 67%, poucas nuvens e solo úmido. A última aplicação, realizada quando a soja encontrava-se no estádio de desenvolvimento R1/R2 no dia 21 de dezembro de 2013 (aplicação C), entre as 9:45 e 10:25 horas. Por ocasião da aplicação o solo estava pouco úmido, temperatura do ar de 25°C e umidade relativa de 60%. Os tratamentos químicos foram aplicados por meio de pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra de quatro bicos espaçados 0,5 m entre si, com pontas de pulverização AD 110.02, pressurizado a 38 lb pol⁻², o que proporcionou um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

As avaliações de fitointoxicação pela escala EWRC (1964) (Tabela 2.1), onde 1 representa a ausência de sintomas e 9 caracteriza a morte total das plantas foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação A (DAA-A), 7, 14, 21 e 28 DAA-B e 7, 14 e 21 DAA-C. Também foi avaliada nas mesmas datas citadas anteriormente, a porcentagem visual de injúria, que leva em consideração o dano causado pelos tratamentos químicos em toda a planta, sendo que 0 (zero) representa a ausência de sintomas e a nota 100% caracteriza a morte das plantas (SBCPD, 1995).

Tabela 2.1. Escala de fitointoxicação EWRC (1964) utilizada nas avaliações.

Nota	Descrição dos sintomas
1	Nenhum dano;
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas;
3	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas;
4	Forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem contudo, ocorrer necrose (morte dos tecidos);
5	Necrosamento (queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhado de deformação em folhas e brotos;
6	Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação;
7	Mais de 80% de folhas e brotos destruídos;
8	Danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas;
9	Danos totais (morte das plantas).

A altura das plantas de soja foi aferida aos 14, 21, 35 e 42 DAA-A, 7, 21 e 28 DAA-B, 14 e 21 DAA-C e na précolheita da cultura, por meio da altura de sete plantas de soja por parcela. As plantas foram medidas em sequência na segunda linha de semeadura descartando-se um metro da bordadura.

A transmissividade luminosa foi aferida aos 42 DAA-A (equivalente à 28 DAA-B e 21 DAA-C) e aos 63 DAA-A (49 DAA-B e 42 DAA-C), em quatro pontos centrais de cada unidade experimental com o auxílio de um luxímetro Minipa 1011[®], em Lux (Lux = Lumem m⁻²), segundo metodologia adotada por Ferrari et al. (2007), de tal forma que fosse mensurado o fluxo luminoso que atingia o solo próximo a linha de semeadura.

Na précolheita da soja foram coletadas sete plantas em sequência na parte central de área útil das parcelas para que fosse realizada a contagem do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e diâmetro de caule entre o quinto e sexto nós (V5 e V6, respectivamente).

O rendimento de grãos foi obtido pelo corte manual das plantas na área útil da parcela, em 03 de março de 2014, com posterior trilha, pesagem e conversão da umidade para 14%. Para tanto, a determinação da umidade foi realizada por meio do medidor de umidade portátil para grãos MiniGAC Plus. Para o cálculo de rendimento de grãos a 14% de umidade foi utilizada a seguinte fórmula: $MS(14\%) = [(100-U)/(100-14)]*UM$, onde MS(14%) é a massa de grãos à 14% de umidade, U é a umidade em porcentagem por ocasião da colheita, UM é a massa úmida de grãos por ocasião da colheita, 14 é a umidade a que a massa será transformada e 100 é a constante da equação.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com oito repetições. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 5 m de comprimento e nove linhas de semeadura de soja (20,25 m²). A área útil para avaliações foi constituída de sete linhas centrais descartando-se 0,5 m de cada extremidade (12,6 m²).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e posteriormente a análise de regressão polinomial, correlação de Pearson e teste de Dunnett, todos a 5% de probabilidade. Foram utilizados os programas estatísticos Sisvar 5.3 (Ferreira, 2010) e SAS 8.0 (SAS, 1999).

Para todas as variáveis, exceto fitointoxicação pela escala EWRC, foi ajustado o modelo de regressão polinomial $y = bx + a$, quando os valores eram crescentes e, $y = -bx + a$, quando os valores eram decrescentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lactofen é um herbicida de contato inibidor da enzima PROTOX. Seu principal sintoma é a necrose dos tecidos verdes atingidos pelo mesmo, que, dependendo da intensidade, pode levar à morte da planta. A intensidade e extensão dos sintomas dependem de vários fatores, entre eles se destaca o estágio de desenvolvimento, espécie vegetal e condições de aplicação. Para a maioria dos herbicidas, a avaliação de fitointoxicação utilizando a escala EWRC auxilia principalmente na mensuração da intensidade e persistência dos danos causados pelo herbicida nas partes jovens da planta, sendo que na primeira avaliação após a aplicação considera-se a planta como um todo.

A fitointoxicação inicial após cada aplicação, independentemente do estágio de desenvolvimento da soja, apresentou tendência semelhante para doses iguais (Tabela 2.2). A dose de 60 g ha⁻¹ causou necrose e encarquilhamento das folhas de algumas plantas aos 7 DAA, desaparecendo nas avaliações subsequentes. Já a dose de 120 g ha⁻¹ de lactofen proporcionou maiores danos, caracterizados por necrose e grande parte do limbo foliar deformado. Estes sintomas desapareceram posteriormente, exceto pela aplicação realizada no estágio V7/V8, quando, provavelmente devido à falta de chuva a soja não teve capacidade de se recuperar totalmente e aos 14 DAA ainda apresentava encarquilhamento leve em algumas plantas de algumas parcelas.

As maiores doses de lactofen (180 e 240 g ha⁻¹) também causaram fitointoxicação inicial (7 DAA) em grande parte das folhas de soja, com necrose e encarquilhamento. Aos 14 DAA as folhas novas já não apresentavam sintomas de necrose, no entanto, ainda haviam folhas sendo emitidas com deformações. Estes sintomas foram mais perceptíveis na época em que houve estresse hídrico de 15 dias após a aplicação dos tratamentos (V7/V8), sendo a extensão total de 19 dias sem chuva. Nas avaliações posteriores os sintomas não persistiram nas folhas novas. Esta característica é comum nos herbicidas pós emergentes inibidores da PROTOX, que apresentam baixa persistência de sintomas nas plantas devido a sua rápida ação após a absorção.

Tabela 2.2. Fitointoxicação da soja segundo a escala EWRC após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

Tratamento	Dose (g ha ⁻¹)	Estádio Aplicação ^{1/}	Fitointoxicação (Escala EWRC)					
			7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA-A	35 DAA-A	42 DAA-A
1. Lactofen	60	V3/V4	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2. Lactofen	120	V3/V4	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3. Lactofen	180	V3/V4	6,00	1,38	1,00	1,00	1,00	1,00
4. Lactofen	240	V3/V4	6,00	1,75	1,00	1,00	1,00	1,00
5. Lactofen	60	V7/V8	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6. Lactofen	120	V7/V8	5,63	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00
7. Lactofen	180	V7/V8	6,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
8. Lactofen	240	V7/V8	6,00	2,25	1,00	1,00	1,00	1,00
9. Lactofen	60	R1/R2	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10. Lactofen	120	R1/R2	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11. Lactofen	180	R1/R2	6,00	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00
12. Lactofen	240	R1/R2	6,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
13. Test. sem regulador	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

^{1/}Estádio de desenvolvimento da soja no momento das aplicações.

A porcentagem de injúria causada após as aplicações das diferentes doses de lactofen no decorrer do ciclo da cultura da soja encontra-se na Figura 2.2. De maneira geral, a elevação na dose também aumentou a quantidade de tecido vegetal afetado, principalmente folhas. A porcentagem de injúria resultante da aplicação de lactofen aos 7 DAA-A e C teve comportamento semelhante, apresentando danos próximos a 12% e 30% nas doses de 60 e 240 g ha⁻¹, respectivamente. O valor do parâmetro B para a primeira situação foi 0,095, ou seja, para cada grama de lactofen acrescentada há um acréscimo médio na injúria de 0,095%. Já as aplicações realizadas no estágio V7/V8 proporcionaram uma porcentagem de injúria numericamente superior às realizadas na época anterior e posterior, fato caracterizado pelo parâmetro B (0,0971) aos 07 DAA-B, quando a maior dose de lactofen proporcionou quase 35% de injúria.

Aos 14 dias após as aplicações A, B e C, os maiores valores de porcentagem de injúria observados foram 17%, 24% e 20%, respectivamente, registrados na dose de 240 g ha⁻¹ de lactofen. O parâmetro B foi 0,0677, 0,0817 e 0,0754, para os estádios de aplicação V3/V4, V7/V8 e R1/R2, respectivamente. Demonstrou-se que a persistência dos sintomas proporcionados pelo lactofen foi menor quando aplicado em V3/V4 e maior quando aplicada no estágio V7/V8.

Na avaliação realizada aos 21 DAA-A, B e C, houve decréscimo nos valores de injúria, chegando a 7%, 15% e 12%, respectivamente. Da mesma forma, o parâmetro B de todas as regressões diminuiu, sendo que a persistência dos sintomas continuou menor quando lactofen foi aplicado na época V3/V4 e maior na época V7/V8.

O comportamento geral para persistência dos sintomas ao longo do tempo está diretamente relacionado ao regime hídrico durante o ciclo da cultura da soja (Figura 2.1). A primeira aplicação foi realizada durante um período de disponibilidade hídrica adequada e crescimento e desenvolvimento normal das plantas de soja. Dessa forma, as condições de tempo não foram limitantes à retomada do crescimento e desenvolvimento, possibilitando a remediação dos efeitos adversos tão logo a planta fosse capaz.

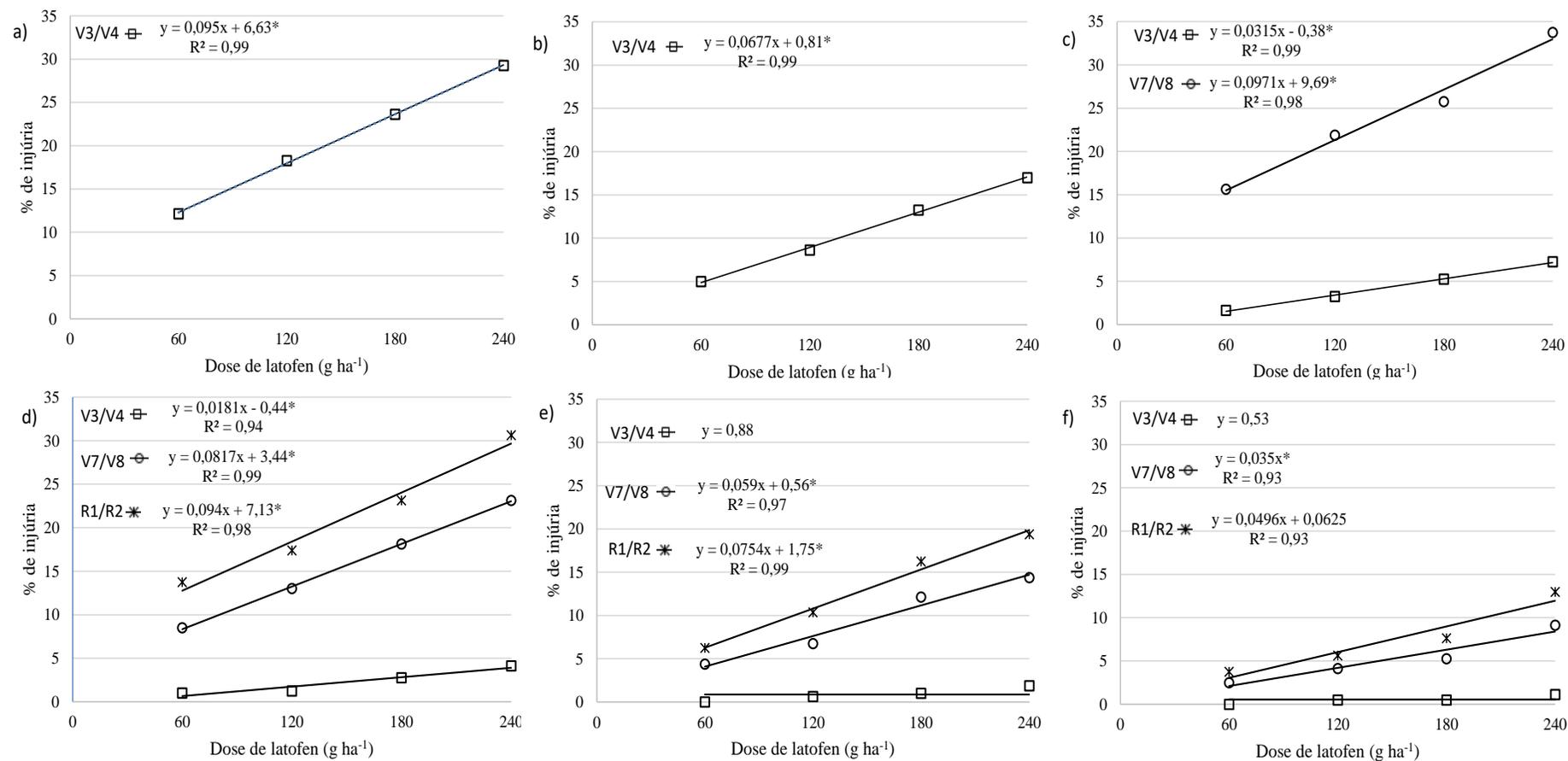


Figura 2.2. Porcentagem de fitointoxicação da soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, onde, a)= 7 DAA-A, b)= 14 DAA-A; c)= 21 DAA-A e 7 DAA-B; d)= 28 DAA-A, 14 DAA-B e 7 DAA-C; e)= 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C e; f)= 42 DAA-A; 28 DAA-B e 21 DAA-C.

*Significativo a 5% de probabilidade.

A segunda aplicação precedeu um período de 15 dias sem precipitação, que teve extensão total de 19 dias. Nesta data, as plantas estavam em pleno desenvolvimento, no entanto, o estresse hídrico posterior ao estresse químico pode ter retardado a emissão de novas folhas e a retomada plena do crescimento. Em situações de estresse biótico há um aumento nos níveis de H₂O₂ nas plantas (Lee et al., 2007) e conseqüentemente elevação na peroxidação lipídica de componentes da membrana celular (Sairam et al., 2002), fato que também ocorre após a aplicação de lactofen, ou seja, estes dois fatores negativos podem ter se somado, aumentando a persistência dos sintomas causados pelo lactofen.

Já as aplicações em R1/R2, mesmo sendo realizada após 13 dias sem chuva, proporcionaram sintomas intermediários. Possivelmente os fatores ambientais adversos, mesmo não sendo favoráveis a recuperação rápida, proporcionaram uma situação de menor estresse imediato, visto que a planta já estava nessa situação devido à seca.

A aplicação de lactofen visando ao controle de plantas daninhas normalmente é realizada no início do ciclo de desenvolvimento da soja e demanda grande conhecimento técnico, uma vez que a interação entre as condições climáticas e estágio de desenvolvimento da planta influencia o resultado final. No que diz respeito à seletividade para cultura, dependendo das condições do tempo, estágio de desenvolvimento da cultura, cultivar e dose empregada, pode haver danos a variáveis que apresentam estreita correlação com a produtividade. A altura de plantas se destaca nesse quesito, pois é uma das principais variáveis que reflete como a planta está se desenvolvendo. Na Figura 2.3 (a) está demonstrado como o crescimento da soja aos 14 DAA-A foi reduzido com o aumento na dose de lactofen, de 34 cm na dose de 60 g ha⁻¹ para 29 cm na maior dose do herbicida (240 g ha⁻¹). Na avaliação realizada aos e 07 DAA-B houve comportamento semelhante quanto ao menor incremento na altura de plantas, partindo de valores próximos a 64 cm na dose de 60 g ha⁻¹ de lactofen e chegando a 45 cm para na dose de 240 g ha⁻¹.

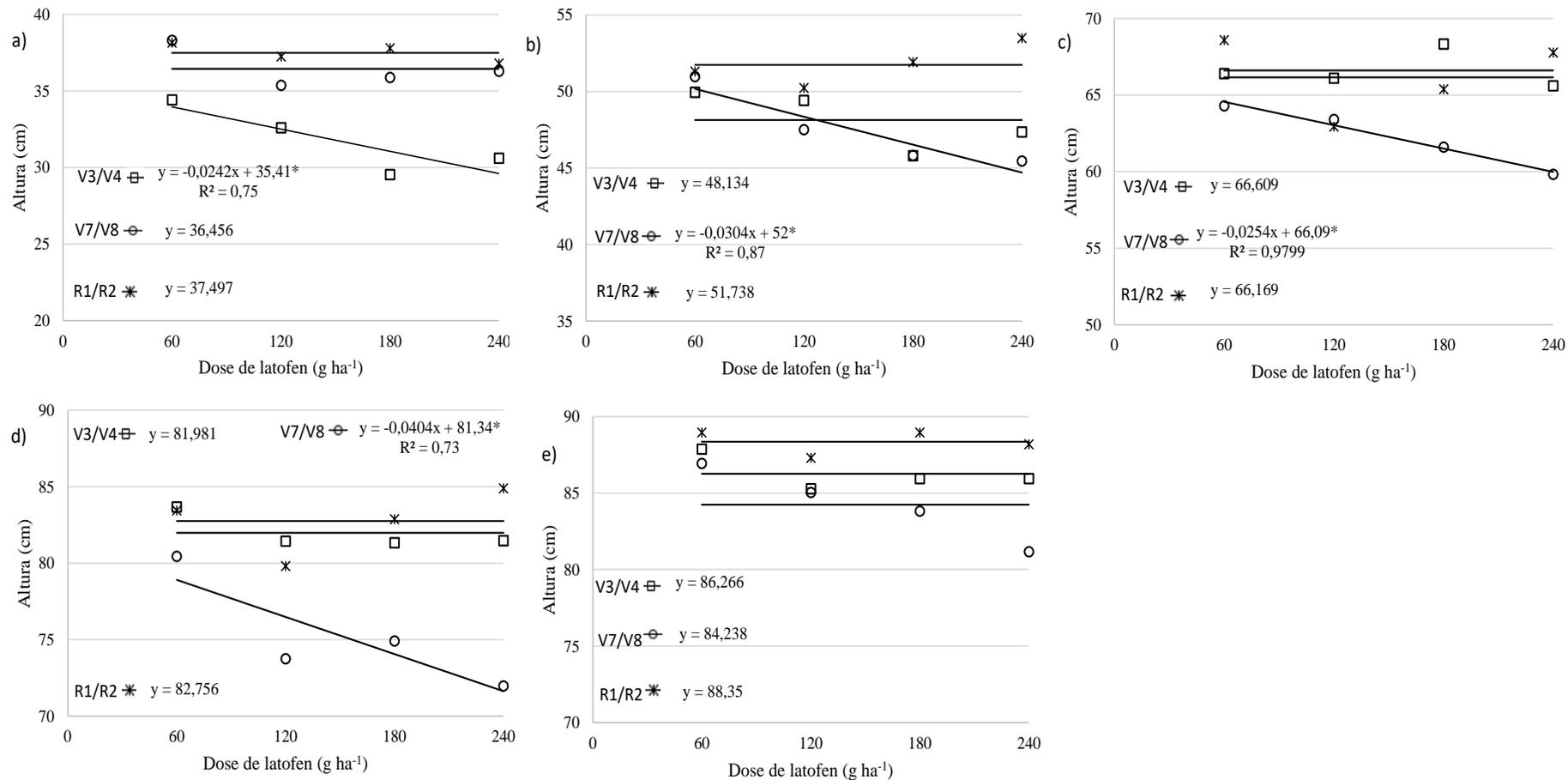


Figura 2.3. Altura da soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, onde, a)= 14 DAA-A; b)= 21 DAA-A e 7 DAA-B; c)= 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C; d)= 42 DAA-A; 28 DAA-B e 21 DAA-C e; e) altura na pré colheita.

*Significativo a 5% de probabilidade.

A auxina é o principal hormônio que controla o alongamento celular e consequentemente o crescimento das plantas. Na parte aérea é produzida principalmente pelo meristema apical e distribuída para as células em crescimento por meio de transportadores específicos. Entretanto, em situações de estresse o transporte de auxina pode ser inibido localmente pelo aumento na concentração de flavonoides (Subramanian, 2006), substâncias que são produzidas em maior quantidade em plantas sob estresse (Apel & Hirt, 2004). Em ensaios utilizando plantas de tomate sob déficit hídrico induzido, não foi observada redução na produção de auxina pelo meristema apical, no entanto, houve redução na concentração da proteína transportadora de auxina PIN1 na membrana celular e aumento destas no citosol, local onde as mesmas não apresentam função direta (Nakayama et al., 2012). Desta forma, é possível relacionar vários fatores à ação e transporte de auxina, apontando para situações que resultam em menor ação deste hormônio e consequentemente menor expansão celular em condições de estresse.

A única época de aplicação de lactofen que não teve efeito significativo sobre a altura em nenhuma avaliação foi a última (R1/R2). Provavelmente este resultado ocorreu devido à alteração na relação fonte dreno, que neste período é direcionada prioritariamente para os órgãos reprodutivos e que, aliado ao estresse hídrico por ocasião da aplicação, pode ter reduzido o crescimento das plantas de maneira geral.

Na avaliação realizada aos 28, 35 e 42 DAA-A os tratamentos aplicados no estágio V3/V4 não apresentavam as diferenças de altura registradas inicialmente em função das doses de lactofen, demonstrando que a soja teve a capacidade de se recuperar. Nas demais avaliações o comportamento para esta época continuou semelhante, sendo que na pré colheita, a altura máxima de plantas ficou próximo a 86 cm para as aplicações realizadas em V3/V4, 84 cm em V7/V8 e 88 cm em R1/R2.

Os valores de iluminância ou incidência de luz nas entrelinhas de soja remetem diretamente ao fechamento das entrelinhas pelas folhas e, portanto, ao crescimento da cultura. Nesse sentido, o aumento na dose de lactofen alterou a iluminância nas entrelinhas de soja nas duas primeiras épocas de aplicação, quando a avaliação foi realizada aos 42 DAA-A e 28 DAA-B (Figura 2.4). O aumento na dose de lactofen fez com que mais luz penetrasse no dossel numa relação diretamente proporcional à porcentagem de injúria (Figura 2.2), que na maior dose causou até 35% de danos às plantas. Na avaliação posterior, não foi observado aumento na iluminância em função da aplicação de lactofen, independentemente do estágio da soja. Em experimentos realizados com auxílio de irrigação, Wichert & Talbert (1993) observaram redução significativa na área foliar e massa fresca de soja após a aplicação de 220 g ha⁻¹ de

lactofen, sendo que após 26 dias as plantas já haviam se recuperado. Considerando as diferenças entre as condições de umidade do solo de cada experimento é esperado que os efeitos negativos persistam por mais tempo em condições de seca, prolongando o tempo de recuperação da soja e consequentemente o tempo de fechamento das entrelinhas.

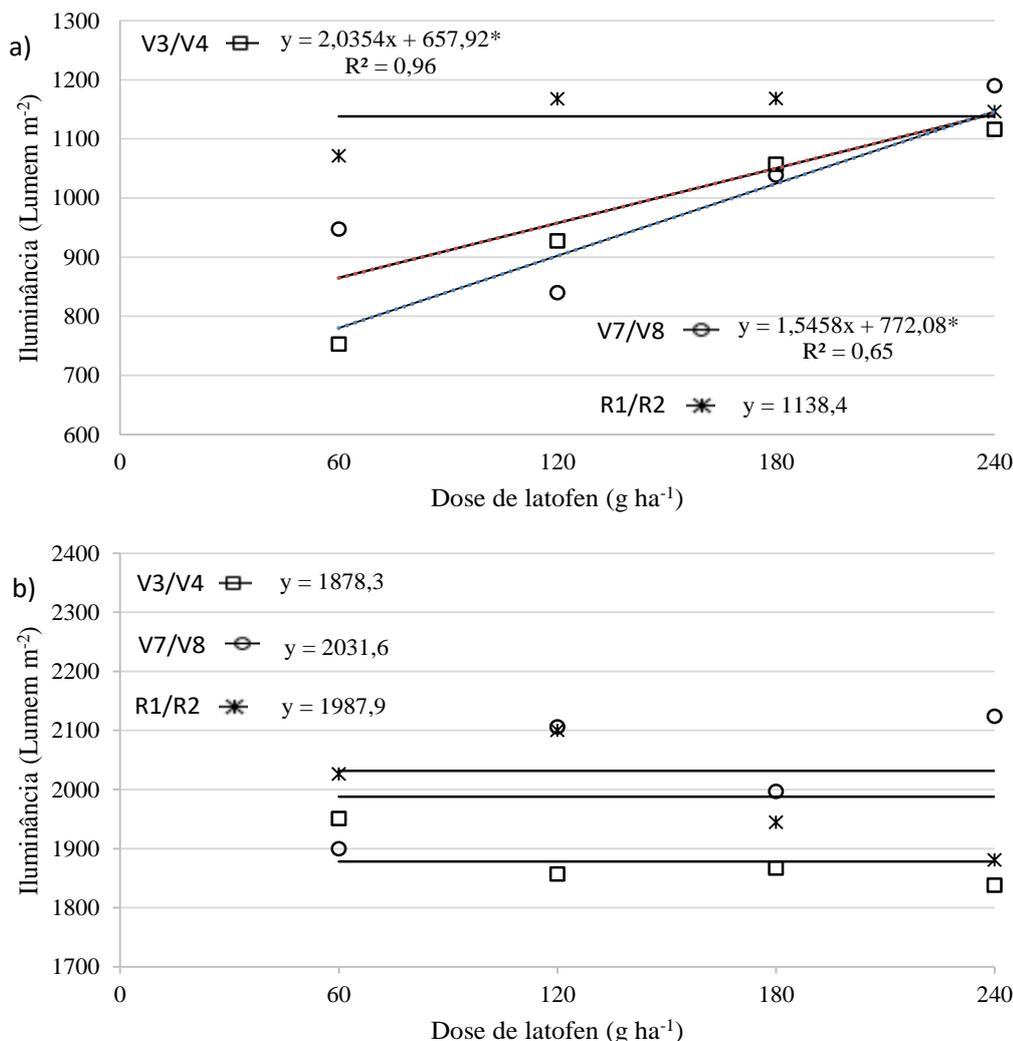


Figura 2.4. Valores de iluminância na base das plantas de soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, onde, a)= 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C e; b) 63 DAA-A, 49 DAA-B e 42 DAA-C.

*Significativo a 5% de probabilidade.

O diâmetro do caule das plantas entre os nós V5 e V6 (Figura 2.5) retrata como as necroses causadas pela aplicação de lactofen em V7/V8 afetaram o crescimento e desenvolvimento das plantas. Enquanto a menor dose de lactofen apresentou valor estimado próximo a 4,9 mm, a maior dose reduziu o diâmetro para aproximadamente 4,4 mm. Nas demais épocas não foram observados resultados significativos, demonstrando que os efeitos do clima podem influenciar as respostas das plantas ao lactofen.

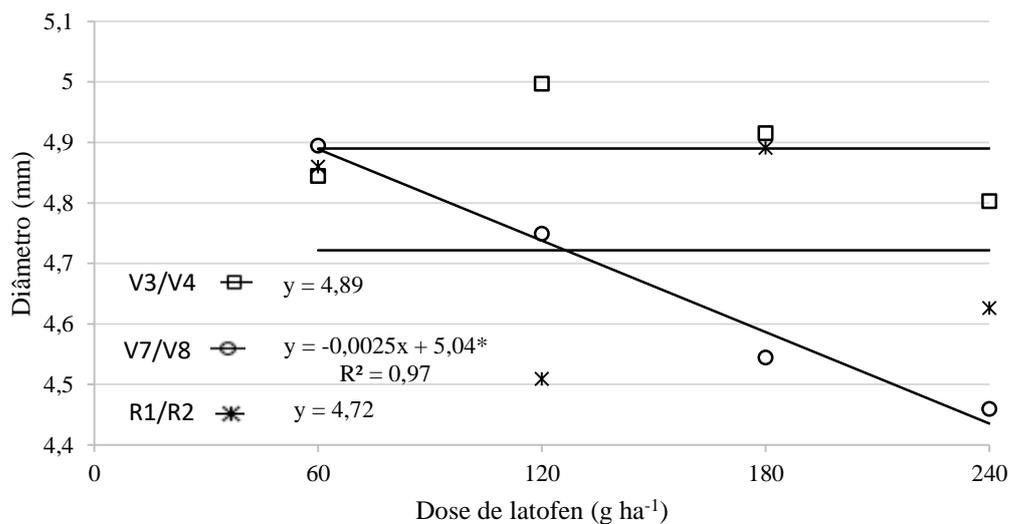


Figura 2.5. Diâmetro entre os nós V5 e V6 das plantas de soja na pré colheita após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

*Significativo a 5% de probabilidade.

Os componentes de produção compõem um conjunto de variáveis-resposta que dão ideia do rendimento da cultura e em casos específicos, como eventos meteorológicos ou de manejo podem influenciá-los. O número de grãos por vagem normalmente é pouco afetado (Board & Harville, 1993), fato comprovado também nesse experimento pelos resultados expressos na Figura 2.6a . O mesmo ocorreu para número de grãos por planta, número de vagens por planta e massa de mil grãos. No entanto, qualquer variação por menor que seja, pode representar grandes diferenças nos resultados finais de produtividade, visto que esta variável é produto resultante das demais.

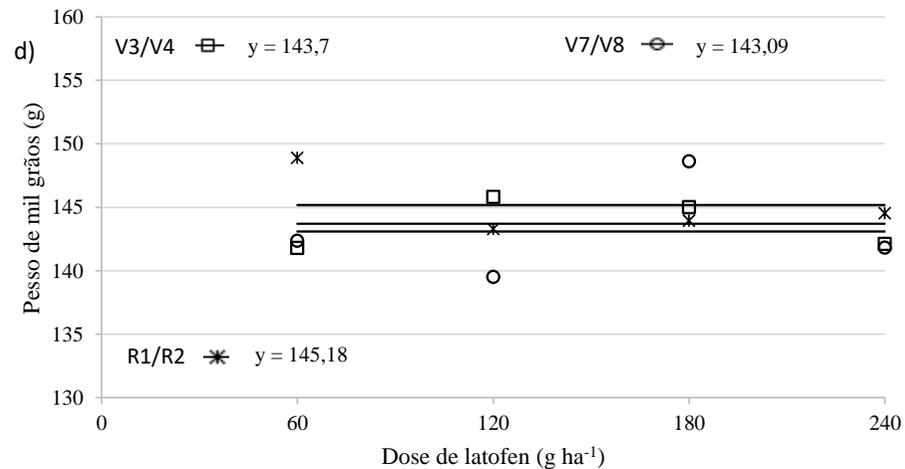
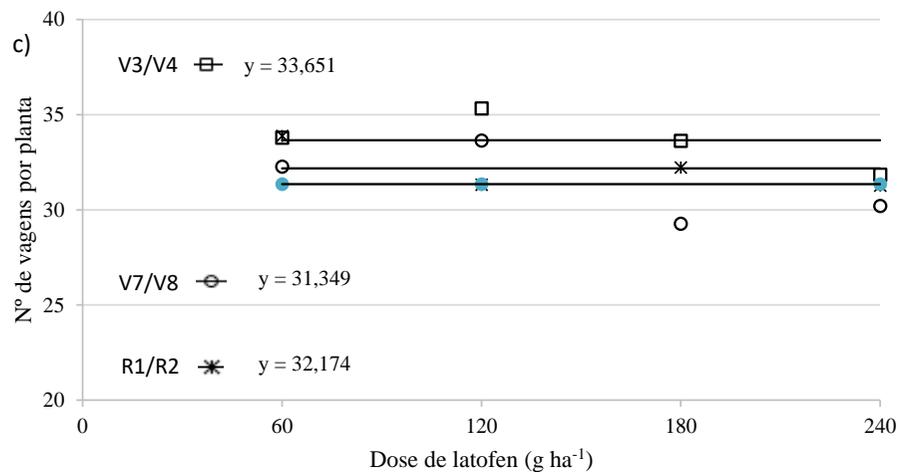
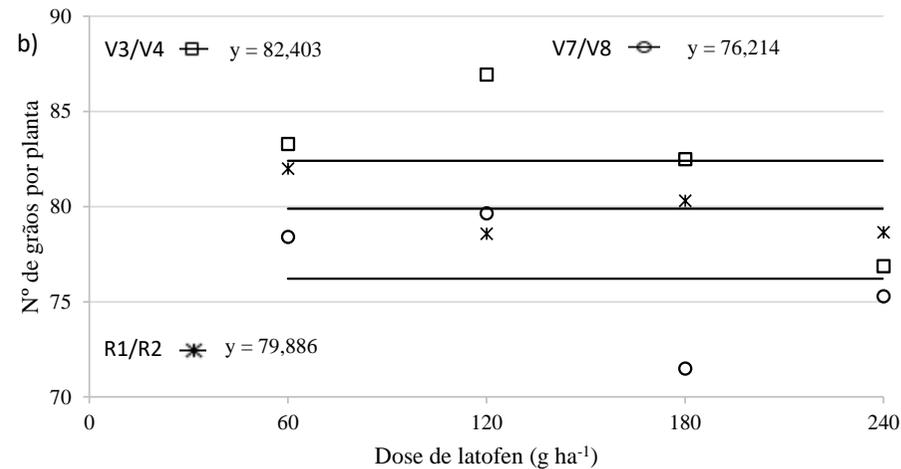
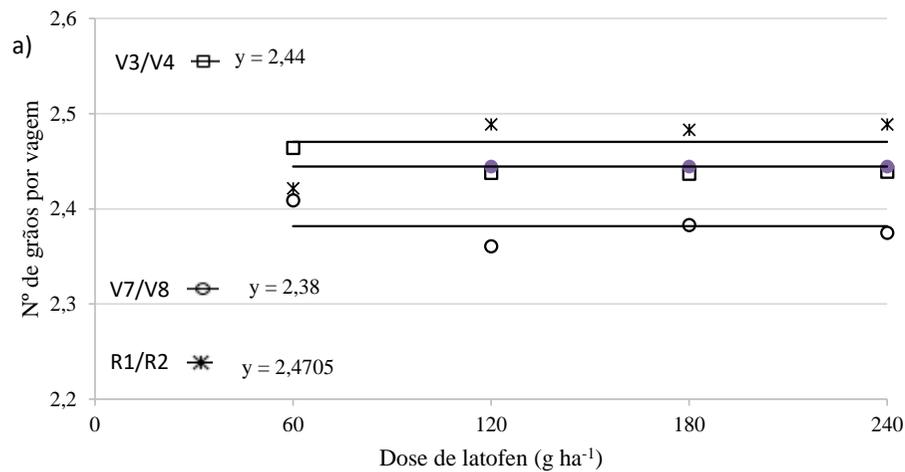


Figura 2.6. Número de grãos por vagem (a), número de grãos por planta (b), número de vagens por planta (c) e massa de mil grãos (d) da soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

*Significativo a 5% de probabilidade.

Dependendo da cultivar, das condições edafoclimáticas e do manejo, o número de ramos pode ser uma variável importante no rendimento final. Grande parte da plasticidade que a soja apresenta quanto à variação na população se deve à capacidade de engalhamento. No presente experimento as aplicações de lactofen em diferentes estádios de desenvolvimento não acarretaram acréscimo ou decréscimo no número de ramos produtivos em função das doses do herbicida (Figura 2.7). Em situações climáticas normais é comum que ocorra a compensação do estande em caso de falha pelo engalhamento da soja, este fenômeno ocorre devido à maior quantidade de luz que incide neste ponto. A fitointoxicação causada pelo herbicida reproduz uma situação análoga em relação à incidência luminosa e por consequência pode levar aos mesmos resultados (maior quantidade de ramos). No entanto, em situação de estresse hídrico as plantas restringem seu crescimento até que o clima volte a ser favorável e, nesse sentido, outras demandas ou respostas não são expressas, como o engalhamento.

Nem sempre os estresses e as respostas externadas pelas plantas em função destes, resultam em um efeito cascata. Em muitos casos os danos são transitórios e não afetam o rendimento. O lactofen mesmo sendo aplicado acima da dose recomenda (240 g ha^{-1}) (Figura 2.6), não proporcionou prejuízos significativos no rendimento da soja em função do aumento de dose dentro de cada época de aplicação. No entanto, a menor produtividade do ponto de vista numérico foi registrada quando as aplicações ocorreram em V7/V8 (2147 kg ha^{-1}).

Considerando que o estresse hídrico ocorre de forma gradual, possibilitando à planta a capacidade realizar modificações morfofisiológicas ao longo do tempo e que o estresse pelo lactofen é abrupto, aplicações antecedendo períodos de estresse hídrico prolongados mostraram-se mais prejudiciais do que aplicações realizadas ao final do mesmo. Este comportamento deve-se em parte pelas mudanças que podem ocorrer nas estruturas das folhas, como maior pilosidade, estômatos afundados na epiderme, maior enrolamento das folhas e aumento na deposição de cutícula (Pereira et al., 2015). Estudos realizados com plantas daninhas relatam que normalmente há redução do desempenho do herbicida e, portanto, menor fitointoxicação sobre as plantas submetidas ao estresse hídrico (Vallotton et al., 2003; Pereira et al., 2010; Pereira et al., 2012).

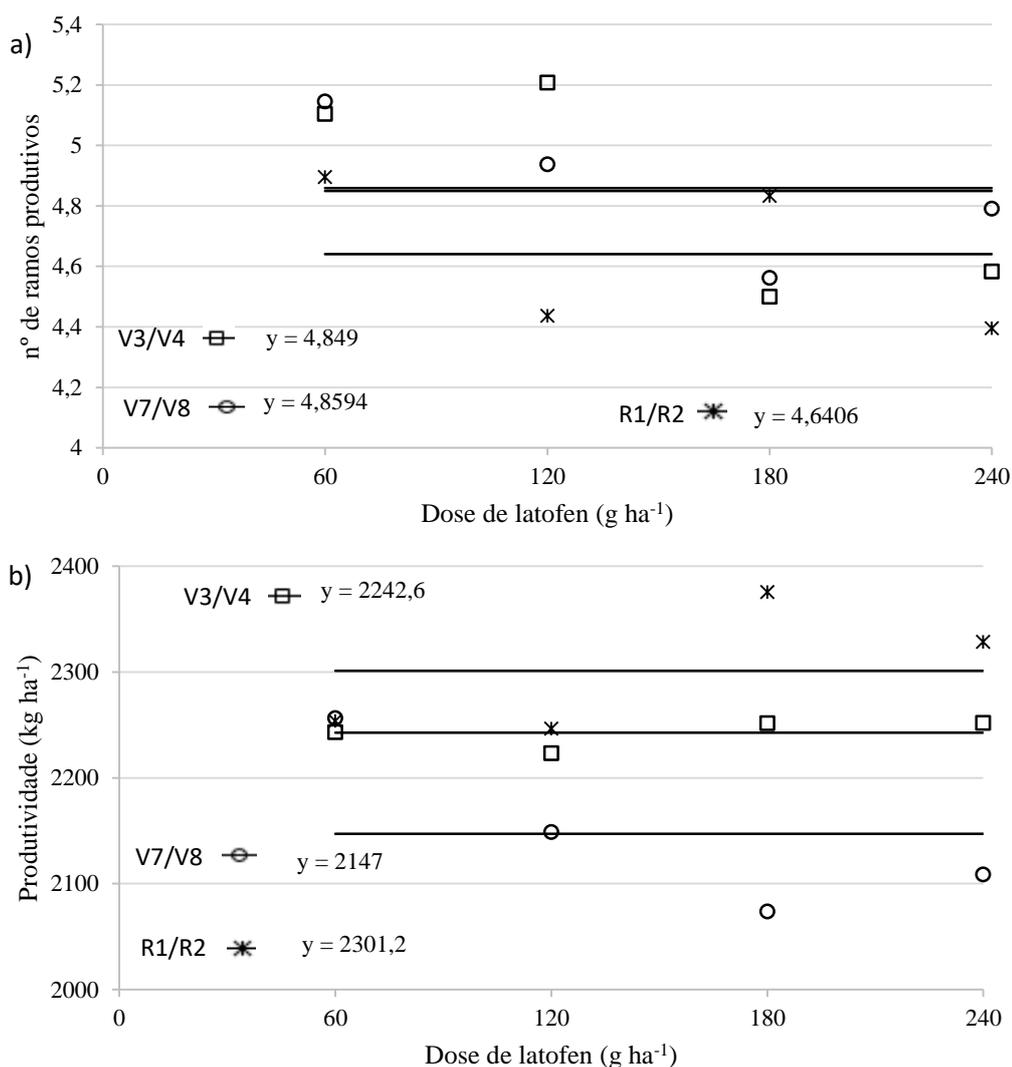


Figura 2.7. Número de ramos produtivos por planta (a) e produtividade da soja (b) após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

*Significativo a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2.3 está a correlação entre os dados analisados. Após a aplicação do herbicida lactofen o primeiro evento observado são os danos ao tecido foliar das plantas de soja. Ou seja, as correlações negativas entre porcentagem de fitointoxicação e altura nas primeiras avaliações são consequência da fitointoxicação inicial, que provocou redução de altura das plantas de soja. A correlação entre a porcentagem de fitointoxicação aos 21 DAA-A ou 7 DAA-B entre a grande maioria das avaliações de altura demonstra a influência da aplicação realizada no estágio V7/V8 sobre a altura da soja durante todo o ciclo.

Tabela 2.3. Matriz de correlação entre as características da soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

	Injúria						Altura				Pré Colheita	Ilum		Diam	Grão/Vagem	N. Vagens	Grãos/Planta	N. Ramos	Mil Grãos	
	7A ^{1/}	14A	21A 7B	28A 14B 7C	35A 21B 14C	42A 28B 21C	14A	21A 7B	35A 21B 14C	42A 28B 21C		42A 28B 21C	63A 49B 42C							
Injúria	14A	0,98*																		
	21A, 7B	-0,21	-0,18																	
	28A, 14B, 7C	-0,58	-0,54	0,24																
	35A, 21B, 14C	-0,55	-0,51	0,23	0,94															
	42A, 28B, 21C	-0,50	-0,46	0,19	0,85	0,86														
Altura	14A	-0,66	-0,64	0,05	0,40	0,39	0,31													
	21A, 7B	-0,21	-0,24	-0,38	0,04	0,04	-0,03	0,43												
	35A, 21B, 14C	0,17	0,13	-0,46	-0,23	-0,25	-0,22	-0,12	0,21											
	42A, 28B, 21C	0,10	0,05	-0,45	-0,11	-0,07	-0,06	0,09	0,40	0,34										
	Pré colheita	-0,07	-0,10	-0,26	-0,04	0,00	-0,01	0,14	0,30	0,29	0,77									
Ilum	42A/28B/21C	0,01	0,04	0,07	0,29	0,24	0,24	-0,10	-0,32	-0,16	-0,29	-0,32								
Ilum	63A/49B/42C	-0,05	-0,05	0,08	0,04	0,03	-0,01	-0,03	-0,26	-0,16	-0,52	-0,57	0,45							
Diam		0,14	0,14	-0,21	-0,25	-0,22	-0,20	0,00	0,19	0,01	0,30	0,37	-0,17	-0,30						
Grao/Vagem		0,06	0,05	-0,37	0,06	0,13	0,14	0,10	0,26	0,16	0,37	0,25	-0,03	-0,09	0,12					
N. Vagens		0,06	0,06	-0,13	-0,18	-0,02	-0,02	0,02	0,11	-0,01	0,29	0,20	-0,21	-0,35	0,53	0,15				
Grãos/Planta		0,05	0,05	-0,14	-0,13	-0,11	-0,12	0,04	0,13	0,01	0,30	0,20	-0,18	-0,33	0,53	0,30	0,99			
N. Ramos		0,01	0,01	0,04	-0,13	-0,12	-0,16	0,04	-0,04	-0,02	-0,06	-0,06	-0,01	0,05	0,25	-0,06	0,43	0,40		
Mil Graos		-0,06	-0,05	0,19	0,16	0,19	0,24	0,04	-0,18	-0,08	-0,01	-0,11	-0,03	0,00	-0,12	0,00	-0,18	-0,18	-0,14	
Produtividade		0,01	-0,02	-0,33	-0,05	-0,01	-0,01	0,08	0,35	0,31	0,54	0,51	-0,26	-0,41	0,22	0,23	0,25	0,27	-0,06	-0,09

^{1/}7A= 7 DAA-A; 14A= 14 DAA-A; 21A= 21 DAA-A; 28A= 28 DAA-A; 35A= 35 DAA-A; 42A= 42 DAA-A; 63A= 63 DAA-A; 7B=07 DAA-B; 14B= 14 DAA-B; 21B= 21 DAA-B; 28B= 28 DAA-B; 49B= 49 DAA-B; 7C= 7 DAA-C; 14C= 14 DAA-C; 21C=21 DAA-C; 42C= 42 DAA-C; Diam= diâmetro entre os nós V5 e V6; N. Vagens= número de vagens por planta; Grãos/Planta= número de grãos por planta; N. ramos= número de ramos produtivos por planta e; Mil Grãos= massa de mil grãos. * = Correlação positiva ($\alpha= 0,05$) e = correlação negativa ($\alpha= 0,05$).

As folhas são as principais estruturas responsáveis pela interceptação da luz solar atingem sua máxima expansão no período reprodutivo da soja. As correlações entre a porcentagem de injúria após a aplicação realizada em V7/V8 com a iluminância aos 42 DAA-A provavelmente decorre das ações conjuntas e adversas do clima e do herbicida, já que as injúrias causadas às folhas podem facilitar penetração de luz no dossel em um primeiro momento e, portanto, estabelecer ligações entre os resultados. Seguindo a mesma analogia, a altura da soja se correlacionou inversamente com a iluminância, ou seja, quanto menor a altura maior a penetração de luz no dossel, já que a segunda variável normalmente é função da primeira.

Seguindo a coluna da altura 42 DAA-A (28 DAA-B ou 21 DAA-C), verifica-se correlação positiva entre esta variável e o número médio de grãos por vagens, número médio de vagens por plantas e o total de vagens por planta. Como a altura de plantas foi menor após a aplicação de lactofen, estes valores demonstram que os componentes de produtividade apresentaram resposta semelhante, nesse caso, quanto maior a altura de plantas mais grãos por vagem, vagens por planta e grãos por planta.

As variáveis-resposta que mais se correlacionaram com a produtividade foram as alturas ao longo do ciclo da cultura, sendo que os valores se iniciaram com 0,08 (não significativo) e chegaram a 0,54 e 0,51 nas duas últimas avaliações. Ou seja, quanto menor a altura, menor o rendimento. Para iluminância, houve correlação negativa, sendo esta mais expressiva na última avaliação (-0,41), desta forma, quanto maior a penetração da luz no dossel da cultura menor a produtividade, ressaltando que a interceptação de luz não é o fator primário da queda de rendimento, e sim um indicador das respostas expressas pela planta em função das aplicações de lactofen.

Nos sistemas biológicos os eventos não ocorrem isoladamente. Cada estímulo positivo ou negativo que a planta recebe desencadeia uma série de acontecimentos que podem ou não afetar o crescimento, desenvolvimento e produtividade. Na agricultura, o conhecimento sistêmico destas consequências visa nortear o manejo empregado e as formas de minimizar fatores negativos e potencializar os positivos. Nesse sentido, após a investigação isolada das variáveis que podem ser afetadas pelo manejo, é necessário a compreensão da interação entre estas. A Tabela 2.4 apresenta os dados de todas as variáveis quantitativas mensuradas durante o crescimento e desenvolvimento da soja, tendo como base de comparação a testemunha sem herbicida. A variável-resposta que apresentou mais diferenças em relação à testemunha sem herbicida foi a fitointoxicação. Os valores iniciais para a dose de 60 g ha⁻¹ variaram entre 12,1% quando o herbicida foi aplicado em V3/V4 até 15,6% quando a aplicação foi realizada em

V7/V8, sendo estes superiores à testemunha sem herbicida. Para as parcelas que receberam a maior dose de lactofen (240 g ha^{-1}) a injúria aos 7 DAA chegou a 29,3% e 33,8% quando o herbicida foi aplicado em V3/V4 e V7/V8, respectivamente. De maneira geral, os sintomas foram menos persistentes quando as menores doses de lactofen foram aplicados, chegando a valores que não diferiram da testemunha aos 21 DAA-A (1,6%) e aos 28 DAA-B (2,5%), ambos em relação a menor dose de lactofen. Quando a dose de 240 g ha^{-1} foi utilizada, os sintomas provocados foram superiores aos observados na testemunha até os 28 DAA-A (4,1%), para as demais épocas de aplicação os valores sempre foram significativamente superiores à testemunha sem herbicida. Além da dose, a época de aplicação também é relevante sobre a porcentagem de injúria. As plantas apresentaram recuperação mais rápida quando as aplicações foram realizadas no estágio V3/V4. Aplicações realizadas em V7/V8 e R1/R2 apresentaram danos mais pronunciáveis por maior tempo, provavelmente devido à menor capacidade de emissão de novas folhas, pelo estresse hídrico no primeiro caso e pelo início da fase reprodutiva no segundo.

Tabela 2.4. Resumo das variáveis-resposta mensuradas após a aplicação de diferentes doses de lactofen na soja nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, onde + significa valor superior à testemunha e (-) valor inferior à testemunha.

Tratamento	Dose (g ha ⁻¹)	Estádio de Aplicação	Injúria (%)						Altura (cm)					Ilum		Diam	Grão/Vagem	Vagens/Planta	Grãos/Planta	N. Ramo	Mil Grãos	Prod.	Total
			7A ^{1/}	14A	21A	28A	35A	42A	14A	21A	35A	42A	Colh	42A	63A								
			7B	14B	21B	28B	7C	14C	21C	7B	21B	28B	21C	28B	49B	21C	42C						
1. Lactofen	60	V3/V4	12,1 (+)	5,0 (+)	1,6	1,0	0,0	0,0	34	50	66	84	88	753	1951	4,84	2,46	34	83	5,10	142	2243	2
2. Lactofen	120	V3/V4	18,3 (+)	8,6 (+)	3,3 (+)	1,3	0,6	0,5	33	49	66	81	85	927	1857	5,00	2,44	35	86	5,21	146	2223	3
3. Lactofen	180	V3/V4	23,6 (+)	13,3 (+)	5,3 (+)	2,8	1,0	0,5	30 (-)	46 (-)	68	81	86	1057	1867	4,92	2,44	34	82	4,50	145	2252	5
4. Lactofen	240	V3/V4	29,3 (+)	17,0 (+)	7,3 (+)	4,1 (+)	1,9	1,1	31 (-)	47	66	81	86	1116	1838	4,80	2,44	32	78	4,58	142	2252	5
5. Lactofen	60	V7/V8			15,6 (+)	8,5 (+)	4,4 (+)	2,5	38	51	64	80	87	947	1900	4,89	2,41	32	78	5,15	142	2256	3
6. Lactofen	120	V7/V8			21,9 (+)	13,0 (+)	6,8 (+)	4,1 (+)	35	48	63 (-)	74 (-)	85	840	2106	4,75	2,36	34	79	4,94	140	2149	6
7. Lactofen	180	V7/V8			25,8 (+)	18,1 (+)	12,1 (+)	5,3 (+)	36	46 (-)	62 (-)	75	84	1039	1997	4,54	2,38	29	70	4,56	149	2074 (-)	7
8. Lactofen	240	V7/V8			33,8 (+)	23,1 (+)	14,4 (+)	9,1 (+)	36	45 (-)	60 (-)	72 (-)	81	1190 (+)	2124	4,46	2,37	30	72	4,79	142	2109 (-)	9
9. Lactofen	60	R1/R2				13,8 (+)	6,3 (+)	3,8 (+)	38	51	69	83	89	1071	2026	4,86	2,42	34	82	4,90	149	2254	3
10. Lactofen	120	R1/R2				17,4 (+)	10,4 (+)	5,6 (+)	37	50	63 (-)	80	87	1168 (+)	2100	4,51	2,49	31	78	4,44	143	2247	5
11. Lactofen	180	R1/R2				23,1 (+)	16,3 (+)	7,6 (+)	38	52	65	83	89	1168 (+)	1945	4,89	2,48	32	80	4,83	144	2376	4
12. Lactofen	240	R1/R2				30,6 (+)	19,4 (+)	13,0 (+)	37	53	68	85	88	1146 (+)	1881	4,63	2,49	31	78	4,40	145	2329	4
13. Test. sem herbicida	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36	53	70	85	90	720	1782	4,94	2,40	35	84	4,50	145	2389	

^{1/}7A= 7 DAA-A; 14A= 14 DAA-A; 21A= 21 DAA-A; 28A= 28 DAA-A; 35A= 35 DAA-A; 42A= 42 DAA-A; 63A= 63 DAA-A; 7B=07 DAA-B; 14B= 14 DAA-B; 21B= 21 DAA-B; 28B= 28 DAA-B; 49B= 49 DAA-B; 7C= 7 DAA-C; 14C= 14 DAA-C; 21C=21 DAA-C; 42C= 42 DAA-C; Colh= pré colheita; Ilum= Iluminância; Diam= diâmetro entre os nós V5 e V6; Vagens/Planta= número de vagens por planta; Grãos/Planta= número de grãos por planta; N. ramos= número de ramos produtivos por planta Mil Grãos= massa de mil grãos (g); Prod.= Produtividade (kg ha⁻¹); (+) e (-)= superior e inferior à testemunha, respectivamente, pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade e; Total= número de variáveis diferentes da testemunha.

A altura é uma variáveis muito utilizadas para mensurar danos ou benefícios causados por tratamentos empregados nas plantas. Quando o lactofen foi aplicado no estágio V3/V4, somente as doses de 180 e 240 g ha⁻¹ retardaram o crescimento das plantas, sendo que esta diferença significativa em relação à testemunha sem herbicida foi registrada apenas inicialmente. Por outro lado, quando os tratamentos foram aplicados em V7/V8 o efeito negativo sobre o crescimento das plantas foi evidenciado a partir da dose de 120 g ha⁻¹ e persistiu por aproximadamente 28 DAA-B. No estágio de desenvolvimento R1/R2 a aplicação das diferentes doses de lactofen afetou negativamente a altura das plantas de soja apenas aos 14 DAA na dose de 120 g ha⁻¹. Cultivares de hábito de crescimento indeterminado normalmente atingem 50% da altura final no início do estágio reprodutivo, no entanto, é possível notar pelos dados deste trabalho que o incremento da altura da soja passa a ser menor nesta fase. Como as plantas necessitam de água para que ocorra o crescimento pleno, o estresse hídrico pode ter atuado como um limitador, afetando plantas tratadas com lactofen e também a testemunha, no entanto, esta última com maior intensidade.

A iluminância é influenciada diretamente pela altura de plantas, área foliar e distribuição das folhas no dossel. sendo assim os danos causados pelas aplicações de lactofen apresentam potencial de alteração desta variável. Aos 28 DAA-B a quantidade de luz que atingia a entrelinha da soja foi de 1190 lúmens m⁻², registrada quando a maior dose de lactofen foi aplicada em V7/V8, sendo este valor superior à testemunha (720 lúmens m⁻²). No entanto, quando lactofen foi aplicado em R1/R2 os danos foram maiores já em doses a partir de 120 g ha⁻¹, proporcionando iluminâncias próximas à 1161 lúmens m⁻² (21 DAA-C), sendo estas superiores à testemunha. Mesmo que as cultivares de hábito de crescimento indeterminado continuem tendo incremento em altura durante o estágio reprodutivo, o dreno principal nesta fase passa a ser flores e vagens. Fato disso é que as folhas novas folhas emitidas nesta fase apresentam menor tamanho quando comparadas às folhas emitidas durante o período vegetativo e, portanto, têm menor capacidade de remediar perdas de área foliar. No entanto, na avaliação realizada aos 63 DAA-A, 49 DAA-B e 42 DAA-C não foram mais observadas diferenças significativas, fato que provavelmente se deve ao início da senescência natural das folhas inferiores.

As alterações provocadas pela aplicação de lactofen no estágio V7/V8 a 180 e 240 g ha⁻¹ na cultura da soja contribuíram para redução significativa da produtividade. Além do efeito negativo do herbicida, os danos podem ter sido maiores devido ao estresse hídrico observado nesta fase, o que retardou a recuperação das plantas de soja mais afetadas.

As condições de aplicação da grande maioria dos herbicidas, normalmente levam em consideração apenas fatores meteorológicos pontuais necessários ao pleno desempenho do produto em relação à planta daninha. No caso específico das plantas cultivadas, esta intervenção não afeta os indivíduos apenas instantaneamente, há derivações e por consequência as respostas são observadas em outras variáveis durante o crescimento e desenvolvimento das plantas. Reduções no crescimento retardam o fechamento das entrelinhas, elevando a evapotranspiração, favorecendo a germinação de plantas daninhas por um período maior e entre outros, reduzindo a capacidade fotossintética pela redução na interceptação de radiação solar. Ou seja, experimentos de seletividade de culturas à herbicidas devem levar em consideração as variações no clima e explorá-las de forma clara e objetiva durante a execução do mesmo e também na redação final.

CONCLUSÕES

O lactofen, aplicado no início do desenvolvimento, em V7/V8 e no início do florescimento da soja, cultivar BRS 360 RR[®], na dose entre 60 e 240 g ha⁻¹, reduz o crescimento das plantas.

A aplicação de lactofen nas doses de 180 e 240 g ha⁻¹, no estágio V7/V8, antecedendo um período de estresse hídrico, causa queda de produtividade da soja, sendo que, as menores doses (60 e 120 g ha⁻¹) são seletivas.

Aplicações de lactofen, na dose entre 60 e 240 g ha⁻¹, no início do desenvolvimento e início da fase reprodutiva não causam queda de produtividade da soja, cultivar BRS 360 RR[®].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.373-399, 2004.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Soybean yield component responses to a light interception gradient during the reproductive period. **Crop Science**, v.33, p.772-777, 1993.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 2006. 306p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of 3rd and 4rd meetings of EWRC. Committee of methods in weed research. **Weed Research**, v.4, p.88, 1964.

FERRARI, J.V.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, S.; SANTOS, D.M.A.; VAL, H.C.; SANTOS, M.L. Intensidade luminosa em função da aplicação de regulador de crescimento e espaçamentos em algodoeiro. In: 6^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. Uberlândia-MG, 2007. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Amipa. 2007.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

LEE, B.R.; KIM, K.Y.; JUNG, W.J.; AVICE, J.C.; OURRY, A.; KIM, T.H. Peroxidases and lignification in relation to the intensity of water-deficit stress in white clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.6, p.1271–1279, 2007.

MEOTTI, G.V.; BENIN, G.; SILVA, R.R.; BECHE, E.; MUNARO, L.B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.14-21, 2012.

NAKAYAMA, N.; SMITH, R.S.; MANDEL, T.; ROBINSON, S.; KIMURA, S.; BOUDAUD, A.; KUHLEMEIER, C. Mechanical regulation of auxin-mediated growth. **Current Biology**, v.22, p.1468–1476, 2012.

PEREIRA, M.R.R.; KLAR, A.E.; MARTINS, D.; SOUZA, G.S.F.; VILLALBA, J. Effect of water stress on herbicide efficiency applied to *Urochloa decumbens*. **Ciencia e Investigación Agrária**, v.39, n.1, p.211-220, 2012.

PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, D.; SILVA, J.I.C.; RODRIGUES, A.C.P.; KLAR, A. E. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, v.28, n.5, p.1047-1058, 2010.

PEREIRA, M.R.R.; SOUZA, G.S.F.; SILVA, J.I.C.; MARTINS, D. Herbicidas inibidores da accase em plantas de *Cenchrus echinatus* em estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v.31, n.1, p.96-106, 2015.

SAIRAM, R.K.; RAO, K.V.; SRIVASTAVA, G.C. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. **Plant Science**, v.163, p.1037-1046, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina. 42p. 1995.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's guide**. Cary: 1999. 943p.

SUBRAMANIAN, S.; STACEY, G; YU, O. Endogenous isoflavones are essential for the establishment of symbiosis between soybean and *Bradyrhizobium japonicum*. **The Plant Journal**, v.48, p.261-273, 2006.

VALLOTTON, A.D.; ABBOTT, L.B.; STERLING, T.M. African rue seedling response to herbicides applied under drought stress. **Proceedings of the Western Society of Weed Science**, v.56, p.26, 2003.

VERNETTI, F.J.; VERNETTI JUNIOR, F.J. **Genética da soja: caracteres qualitativos e diversidade genética**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 221p.

WICHERT, R.A.; TALBERT, R.E. Soybean [*Glycine max* (L.)] response to lactofen. **Weed Science**, v.41, n.1, p.23-27, 1993.

CAPÍTULO 3

Influência da aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios fenológicos sobre o crescimento e produtividade da soja no município de Maringá – PR

RESUMO

O uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas é uma das principais práticas para a manutenção de altas produtividades na cultura da soja. No entanto, efeitos negativos decorrentes do uso de herbicidas também podem ocorrer, e por consequência, levar a queda de potencial produtivo. Esta resposta normalmente depende do produto, dose, variedade, estágio de desenvolvimento e condições edafoclimáticas sob as quais os herbicidas são empregados. Sendo assim, o objetivo deste experimento foi avaliar o comportamento da cultura da soja após a aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios fenológicos sobre crescimento e produtividade da cultura no Município de Maringá – PR. O experimento foi realizado no ano agrícola de 2013/2014 no Município de Maringá – PR, a cultivar de soja utilizada foi BRS 360 RR[®]. O esquema fatorial foi o $(4 \times 3) + 1$, sendo: quatro doses de lactofen (60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹); três estádios de desenvolvimento da soja no momento de aplicação do herbicida (V3/V4, V7/V8 e R1/R2); e uma testemunha adicional sem herbicida. A aplicação do herbicida sobre a soja, no início do desenvolvimento ou em V7/V8, em doses entre 60 e 240 g ha⁻¹, reduziu o crescimento da cultura sem, contudo, afetar a produtividade. No entanto, quando a dose de 240 g ha⁻¹ de lactofen foi empregada no início do florescimento da soja, além do crescimento, também a produtividade foi reduzida. Sendo assim, o estágio de desenvolvimento em conjunto com a dose são fatores cruciais na seletividade da cultura da soja BRS 360 RR[®].

Palavras-chave: Época de aplicação. Inibidor da Protox. Estresse químico. Seletividade.

Lactofen application of influence in different doses and phenological stages on growth and yield of soybean in Maringá - PR

ABSTRACT

The use of herbicides for weed control is one of the main practices for maintaining high yields in soybean. However, adverse effects of herbicide use can also occur, and therefore lead to loss of productive potential. This answer usually depends on the product, dose range, stage of development and climate conditions under which the herbicides are used. Thus, the aim of this study was to evaluate the behavior of the soybean crop after applying lactofen in different doses and phenological stages of growth and crop productivity in Maringá - PR. The experiment was conducted in the agricultural year 2013/2014 in Maringá - PR, the soybean cultivar used was BRS 360 RR[®]. The factorial design was the (4 x 3) + 1, with four doses of lactofen (60, 120, 180 and 240 g ha⁻¹); three soybean growth stages at the time of herbicide application (V3/V4, V7/V8 and R1/R2); and an additional control without herbicide. The application of the herbicide on soybeans in the early development or V7/V8, at doses between 60 and 240 g ha⁻¹ reduced the growth of the culture without, however, affecting productivity. However, when the dose of 240 g ha⁻¹ lactofen was used in the beginning of flowering soybean, in addition to growth also productivity has been reduced. Thus, the development stage together with the dosage are critical factors in the soybean crop selectivity BRS 360 RR[®].

Keywords: Application time. Protox inhibitor. Chemical stress. Selectivity.

INTRODUÇÃO

Em quaisquer cultivos, o aumento de produtividade ocorre devido a um conjunto de fatores, entre eles os genéticos, climáticos, edáficos e os relacionados com o manejo adequado das culturas, tanto sob aspectos nutricionais e de irrigação, quanto aos que se referem ao controle de pragas, doenças e de plantas daninhas (Damião Filho et al., 1992). Normalmente, os efeitos indesejados dessas últimas têm maior importância quando se debate sobre o manejo de plantas invasoras em culturas, sem levar em consideração, os danos causados pelo controle propriamente dito, principalmente os decorrentes do uso de herbicidas.

O lactofen, mesmo sendo pouco utilizado após o advento da soja resistente ao glyphosate, ainda apresenta potencialidades, principalmente quanto ao manejo de espécies resistentes a herbicidas. Outro ponto que vem sendo abordado é seu uso como regulador de crescimento na cultura da soja (Buzello et al., 2010). Além disso, outras vantagens ainda são relatadas na literatura, como seu uso no controle de doenças (Nelson e Renner, 1999; Dann et al., 1999; Nelson et al, 2002). No entanto, aspectos essenciais, como a seletividade deste herbicida em função da dose e estágio da soja no momento da aplicação, ainda carecem de informações.

Ellis e Griffin (2003) avaliaram a eficácia e a seletividade de diferentes herbicidas, entre eles o lactofen, aplicados em pós-emergência sobre a soja em três anos consecutivos (1998, 1999 e 2000). Em 1998, os autores observaram que as injúrias na soja consistiram em clorose foliar e redução na altura das plantas em todos os tratamentos, sendo mais evidentes nos tratamentos contendo lactofen (23% aos 28 dias após a aplicação). A produtividade não foi avaliada devido à baixa precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura. Nos anos posteriores, os efeitos dos herbicidas foram menos expressivos e não foram evidenciadas diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto, não havia um tratamento sem herbicida e sem plantas daninhas para comparar os reais efeitos do lactofen sobre cultura. Sendo assim, o objetivo deste experimento foi avaliar o comportamento da cultura da soja após a aplicação de lactofen em diferentes doses e estádios fenológicos sobre crescimento e produtividade no Município de Maringá – PR.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante a safra 2013/2014 no Centro de Treinamento em Irrigação (CTI – UEM), localizada no município de Maringá, PR (23°23'58.78" de latitude sul, 51°56'59.69" de longitude oeste e 501 metros de altitude).

O solo da área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 2006), de textura argilosa, com 730, 218 e 52 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente. Os parâmetros químicos foram: pH em CaCl₂ de 5,3; 16 g kg⁻¹ de carbono; 6 mg dm⁻³ de P; e Ca, Mg, Al + H e K iguais a 4,6, 1,5, 2,6 e 0,73 cmolc dm⁻³, respectivamente.

A semeadura da cultivar de soja BRS 360 RR[®] foi realizada em 13 de novembro de 2013. O espaçamento entrelinhas de semeadura foi de 0,45 m com densidade de 22 sementes por metro e estande final de 18 plantas por metro. Por ocasião da semeadura foi realizada a adubação com 300 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-18. As condições climáticas ocorridas durante a execução do experimento encontram-se na Figura 1, sendo que durante o dia 12 e 26 de dezembro de 2013 a soja foi irrigada por aspersão, sempre que necessário.

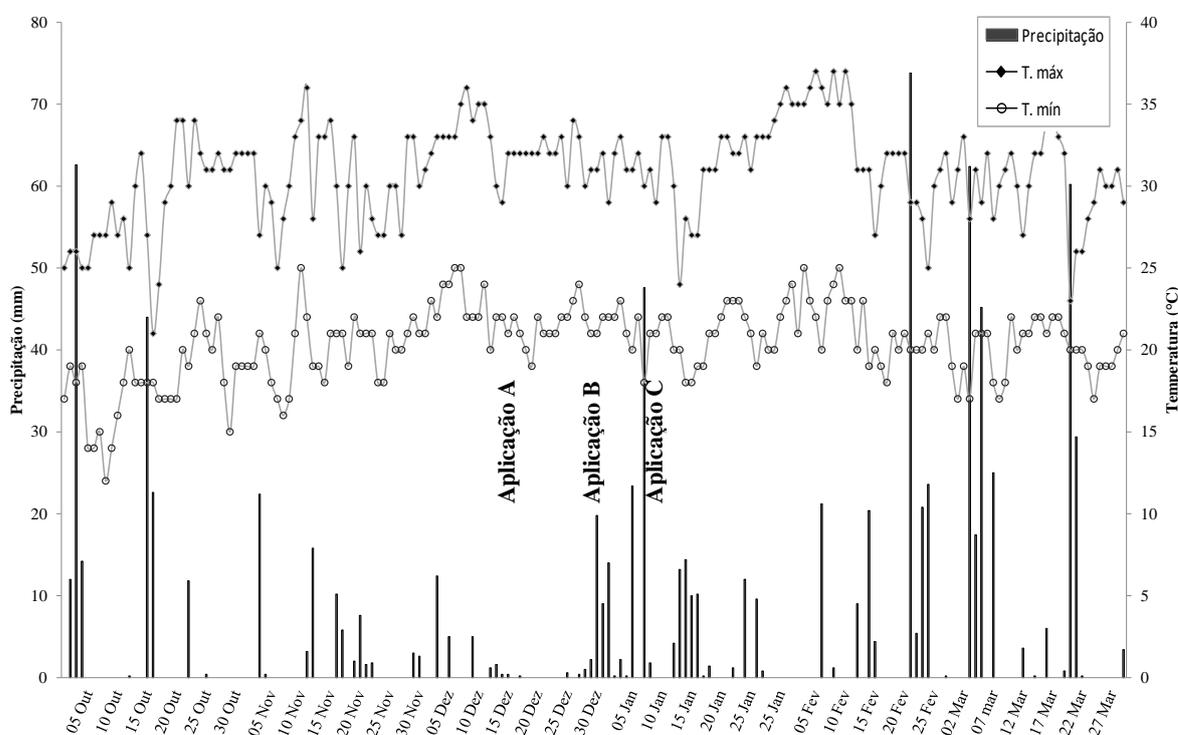


Figura 3.1. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima observadas durante os meses de condução do experimento e épocas de aplicação dos tratamentos. Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia – Campus Sede UEM – Maringá – PR, PR, 2013/2014.

A cultivar BRS 360 RR[®] apresenta hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, folíolos lanceolados e moderada resistência ao acamamento. Devido à esta última característica, a semeadura deve ser realizada nas primeiras épocas, afim de evitar o crescimento excessivo e, por consequência o acamamento. Recomendada para as regiões 201, 202 e 204 (PR, SP e MS - do Norte e Oeste do Paraná ao Centro Sul e Sudoeste de Mato Grosso

do Sul), possui grupo de maturidade relativa 6.2 (precoce) e hábito de crescimento indeterminado. Mesmo sendo considerada uma cultivar promissora pela Embrapa, pois apresenta características que técnicos e produtores buscam, situações de acamamento já na fase de multiplicação das sementes causaram receio em algumas regiões.

A dessecação de manejo da área experimental foi realizada com os herbicidas glyphosate (960 g ha⁻¹) em mistura com diclosulam (20 g ha⁻¹) e imazetapyr (80 g ha⁻¹) 10 dias antes da semeadura da soja. Em pós-emergência da cultura e plantas daninhas foi aplicado glyphosate a 720 g ha⁻¹ quando a soja estava com três trifólios, sendo que plantas daninhas remanescentes foram controladas por meio de capina manual. Os controles de doenças e pragas foram realizados por meio de amostragens ou de acordo com as condições climáticas (Embrapa, 2005), de modo que não foram observados danos à soja que possam ser atribuídos a estes fatores.

O experimento foi instalado no esquema fatorial (4 x 3) + 1, sendo: quatro doses de lactofen (60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹); três estádios de desenvolvimento da soja no momento de aplicação do herbicida (V3/V4, V7/V8 e R1/R2); e uma testemunha adicional sem herbicida.

A primeira aplicação foi realizada no estádio V3/V4 no dia 14 de dezembro de 2013 (aplicação A) entre 18:10 e 18:55 horas. A temperatura média estava em 28°C, umidade relativa do ar de 66%, solo úmido, velocidade do vento de 1,1 km h⁻¹ e céu com poucas nuvens. Na segunda aplicação, realizada no estádio de desenvolvimento V7/V8 em 30 de dezembro de 2013 (aplicação B) entre as 9:30 e 10:00 horas, a temperatura era de 27°C, umidade do ar de 75%, poucas nuvens e solo úmido. A última aplicação, realizada quando a soja encontrava-se no estádio de desenvolvimento R1/R2 no dia 08 de dezembro de 2013 (aplicação C), entre as 9:55 e 10:25 horas. Por ocasião da aplicação o solo estava pouco úmido, temperatura do ar de 25°C e umidade relativa de 78%. Os tratamentos químicos foram aplicados por meio de pulverizador costal pressurizado por CO₂, munido de barra de quatro bicos espaçados 0,5 m entre si, com pontas de pulverização AD 110.02, pressurizado a 38 lb pol⁻², o que proporcionou um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

As avaliações de fitointoxicação pela escala EWRC (1964) (Tabela 2.1), onde 1 representa a ausência de sintomas e 9 caracteriza a morte total das plantas foram realizadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a aplicação A (DAA-A), 7, 14, 21 e 28 DAA-B e 7, 14 e 21 DAA-C. Também foi avaliada nas mesmas datas citadas anteriormente, a porcentagem visual de injúria, que leva em consideração o dano causado pelos tratamentos químicos em toda a planta, sendo que 0 (zero) representa a ausência de sintomas e a nota 100% caracteriza a morte das plantas (SBCDP, 1995).

Tabela 3.1. Escala de fitointoxicação EWRC (1964) utilizada nas avaliações.

Nota	Descrição dos sintomas
1	Nenhum dano;
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas;
3	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas;
4	Forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação sem, contudo, ocorrer necrose (morte dos tecidos);
5	Necrosamento (queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhado de deformação em folhas e brotos;
6	Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação;
7	Mais de 80% de folhas e brotos destruídos;
8	Danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas;
9	Danos totais (morte das plantas).

A altura das plantas de soja foi aferida aos 14, 21, 35 e 42 DAA-A, 7, 21 e 28 DAA-B, 14 e 21 DAA-C e na pré colheita da cultura, por meio da altura de sete plantas de soja por parcela. As plantas foram medidas em sequência na segunda linha de semeadura descartando-se um metro da bordadura.

A transmissividade luminosa foi aferida aos 42 DAA-A (equivalente à 28 DAA-B e 21 DAA-C), em quatro pontos centrais de cada unidade experimental com o auxílio de um luxímetro Minipa 1011[®], em Lux (Lux = Lumem m⁻²), segundo metodologia adotada por Ferrari et al. (2007), de tal forma que fosse mensurado o fluxo luminoso que atingia o solo próximo a linha de semeadura. Na mesma data foi realizada a área foliar de cinco plantas por parcela, coletadas na parte central da segunda linha de semeadura. Para obtenção destes valores, foi utilizado um aparelho medidor de área foliar (Delta T. Devices[®]).

O índice de área foliar (IAF) foi realizado por meio do produto entre área foliar por planta (X) e quantidade de plantas (Y), sendo este dividido pela área ocupada pela quantidade de plantas utilizadas na etapa anterior ($X*Y/(área\ que\ Y\ ocupa)$).

Na précolheita da soja foram coletadas sete plantas em sequência na parte central de área útil das parcelas para que fosse realizada a contagem do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e diâmetro de caule entre o quinto e sexto nós.

O rendimento de grãos foi obtido pelo corte manual das plantas na área útil da parcela, em 11 de março de 2014, com posterior trilha, pesagem e conversão da umidade para 14%. Pata tanto, a determinação da umidade foi realizada por meio do medidor de umidade portátil para grãos MiniGAC Plus. Para o cálculo de rendimento de grãos a 14% de umidade foi utilizada a

seguinte fórmula: $MS(14\%) = [(100-U)/(100-14)]*UM$, onde $MS(14\%)$ é a massa de grãos à 14% de umidade, U é a umidade em porcentagem por ocasião da colheita, UM é a massa úmida de grãos por ocasião da colheita, 14 é a umidade a que a massa será transformada e 100 é a constante da equação.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com oito repetições. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 5 m de comprimento e nove linhas de semeadura de soja (20,25 m²). A área útil para avaliações foi constituída de sete linhas centrais descartando-se 0,50 m de cada extremidade (12,6 m²).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e posteriormente a análise de regressão polinomial, correlação de Pearson e teste de Dunnett, todos a 5% de probabilidade. Foram utilizados os programas estatísticos Sisvar 5.3 (Ferreira, 2010) e SAS 8.0 (SAS, 1999).

Para todas as variáveis, exceto fitointoxicação pela escala EWRC, foi ajustado o modelo de regressão polinomial $y = bx + a$, quando os valores eram crescentes e, $y = -bx + a$, quando os valores eram decrescentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3.2 estão as notas de fitointoxicação pela escala EWRC, que visa ao mesmo tempo qualificar e quantificar as injúrias causadas pela aplicação doses crescentes de lactofen em três estádios distintos de desenvolvimento da cultura da soja. Na primeira avaliação após as aplicações realizadas em V3/V4 e V7/V8 os sintomas menos intensos foram observados nas parcelas que receberam a menor dose de lactofen (60 g ha^{-1}), sendo caracterizados como necrose em algumas plantas acompanhado de deformação no limbo foliar. Na avaliação realizada aos 7 DAA no estágio R1/R2, foram observados sintomas semelhantes em apenas algumas parcelas, sendo que outras apresentam maior quantidade de necrose foliar e, portanto, tiveram nota 6 atribuída.

Durante o início do período vegetativo, momento em que ocorreu a primeira aplicação de lactofen, foi observada menor persistência de sintomas nas folhas novas emitidas pelas plantas de soja. Somente em algumas parcelas onde foi aplicada a maior dose do herbicida (240 g ha^{-1}) ainda apresentavam algumas plantas com limbo foliar deformado. Nas avaliações realizadas aos 14 DAA nos estádios V7/V8 e R1/R2, doses de 120 e 180 g ha^{-1} ainda proporcionavam encarquilhamento leve em algumas plantas. Já a maior dose de lactofen (240 g ha^{-1}) foi responsável por deformações em maior número de plantas em algumas parcelas. Provavelmente esta recuperação diferencial em função do estágio de desenvolvimento em que o produto foi aplicado se deve à velocidade de emissão de folhas e à relação fonte-dreno. Durante o período vegetativo, grande parte dos fotoassimilados são destinados às folhas, sendo que esta dinâmica muda gradativamente com o início do período reprodutivo, quando o dreno preferencial passa a ser as estruturas reprodutivos.

Após as avaliações realizadas a partir dos 21 DAA não foram mais observados sintomas decorrentes da aplicação de lactofen nas folhas jovens das plantas de soja, demonstrando que os efeitos diretos do herbicida são transitórios.

Tabela 3.2. Fitointoxicação da soja segundo escala EWRC após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

Tratamento	Dose (g ha ⁻¹)	Estádio Aplicação ^{1/}	Fitointoxicação (Escala EWRC)					
			07 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA-A	35 DAA-A	42 DAA-A
1. Lactofen	60	V3/V4	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2. Lactofen	120	V3/V4	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3. Lactofen	180	V3/V4	6,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4. Lactofen	240	V3/V4	6,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
5. Lactofen	60	V7/V8	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6. Lactofen	120	V7/V8	5,00	1,60	1,00	1,00	1,00	1,00
7. Lactofen	180	V7/V8	5,00	1,80	1,00	1,00	1,00	1,00
8. Lactofen	240	V7/V8	5,80	2,30	1,00	1,00	1,00	1,00
9. Lactofen	60	R1/R2	5,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10. Lactofen	120	R1/R2	6,00	1,40	1,00	1,00	1,00	1,00
11. Lactofen	180	R1/R2	6,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
12. Lactofen	240	R1/R2	6,00	2,90	1,00	1,00	1,00	1,00
13. Test. sem herbicida	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

^{1/}Estádio da soja no momento das aplicações.

A avaliação de porcentagem de injúria tem como finalidade quantificar quanto da planta foi afetado após a aplicação do lactofen e qual a proporção do tecido afetado durante o crescimento e desenvolvimento da soja. Na avaliação realizada aos 7 DAA-A (Figura 3.2), quando a soja estava no estágio de desenvolvimento V5/V6, foi observado aproximadamente 12% de injúria na menor dose de lactofen (60 g ha^{-1}), sendo que de acordo com a equação ajustada, a cada grama de ingrediente ativo acrescentado a injúria era acrescida em 0,118%. Como resultado, a dose de 240 g ha^{-1} de lactofen proporcionou cerca de 33% de injúria. Na avaliação realizada aos 7 DAA-B a porcentagem de injúria para a menor dose de lactofen foi de aproximadamente 19%. Mesmo apresentando maior porcentagem do dossel afetado pela aplicação de lactofen, o incremento nas injúrias em função do aumento de dose foi menor no estágio V7/V8 ($0,071\% \text{ g}^{-1}$ de lactofen), sendo que na dose de 240 g ha^{-1} a quantidade de tecido afetado ficou próxima de 32%, apenas 1% abaixo do valor estimado para mesma dose aplicada no estágio V3/V4. Aos 7 DAA-C o valor médio de injúria foi 23,84% (Figura 3.2a), sendo utilizada esta forma de apresentação dos resultados devido à impossibilidade de ajuste do modelo linear ou quadrático, já que o desvio da regressão foi significativo ($\text{Pr} > \text{F} = 0,014$). Apesar da média dos resultados não demonstrar a variação da porcentagem de injúria em função da dose de lactofen, o desvio da regressão significativo indica baixa previsibilidade de comportamento (Anselmo et al., 2011; Carvalho et al., 2013), demonstrando que as plantas de soja apresentam comportamento menos estável após a aplicação dos tratamentos no estágio R1/R2.

Aos 14 DAA-A e B os coeficientes de regressão observados foram muito próximos, 0,0615 e 0,0613, respectivamente (Figuras 3.2b e 3.2d). Como esta avaliação leva em consideração a quantidade de tecido afetado na planta como um todo, observa-se que aplicações realizadas em períodos de maior crescimento e desenvolvimento tendem a ser menos expressivas em um espaço de tempo menor, já que há constante emissão de novas estruturas vegetativas. Por outro lado, aplicações realizadas no estágio reprodutivo ou próximas deste, normalmente são mais persistentes, já que grande parte da área foliar está formada e nesta fase a planta destina seus fotoassimilados preferencialmente para flores e vagens em formação. Quando os dois coeficientes de regressão citados anteriormente são comparados aos obtidos a partir das avaliações realizadas aos 7 DAA-A e B, observa-se que em termos numéricos a recuperação da planta foi mais rápida quando a aplicação de lactofen foi realizada em V3/V4. Na avaliação realizada aos 14 DAA-C o valor médio de injúria foi 16,25% e novamente os dados obtidos resultaram em desvio da regressão significativo ($\text{Pr} > \text{F} = 0,028$).

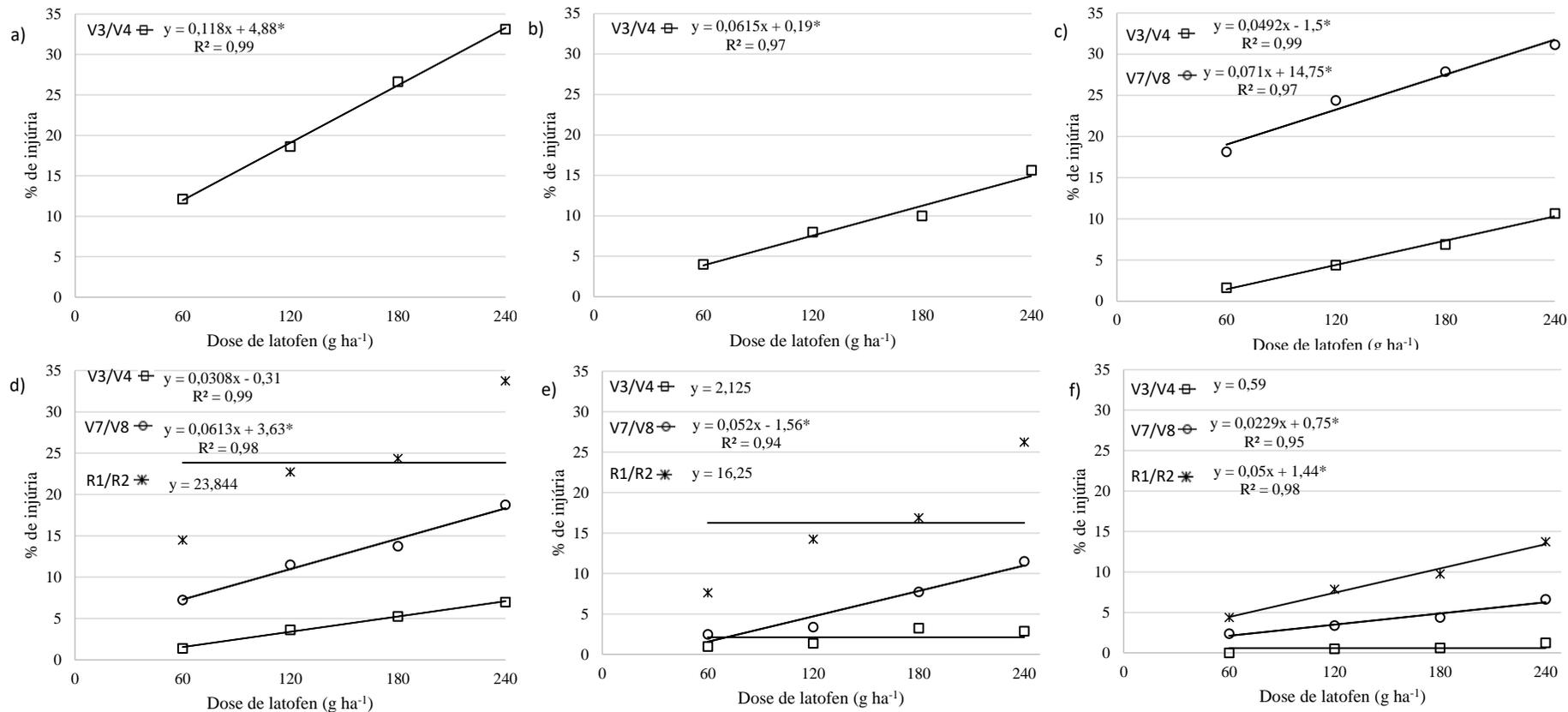


Figura 3.2. Porcentagem de injúria da soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, onde, a)= 07 DAA-A, b)= 14 DAA-A; c)= 21 DAA-A e 07 DAA-B; d)= 28 DAA-A, 14 DAA-B e 07 DAA-C; e)= 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C e; f)= 42 DAA-A; 28 DAA-B e 21 DAA-C.

*Significativo a 5% de probabilidade.

A injúria da soja em função do aumento de dose de lactofen foi numericamente próxima aos 21 DAA-A, B e C, com 0,0492%, 0,052% e 0,05% de injúria, respectivamente, para cada grama do herbicida aplicado (Figura 3.2c, 3.2e e 3.2f, respectivamente). Aos 28 DAA-A e B a fitointoxicação observada foi pequena, chegando a aproximadamente 8% nas parcelas onde foi aplicada a dose de 240 g ha⁻¹ de lactofen (Figuras 3.2d e 3.2f).

A altura não foi influenciada negativamente pelas doses crescentes de lactofen dentro de cada época de aplicação (Figura 3.3). Este comportamento é comprovado pela ausência de ajuste das regressões testadas. No entanto, a distribuição das médias indica maior dispersão nos resultados quando, o lactofen é aplicado no estágio R1/R2. Possivelmente isto ocorra devido à transição entre fase vegetativa e reprodutiva, período em que as plantas de soja estão mais sujeitas a variações climáticas e de manejo.

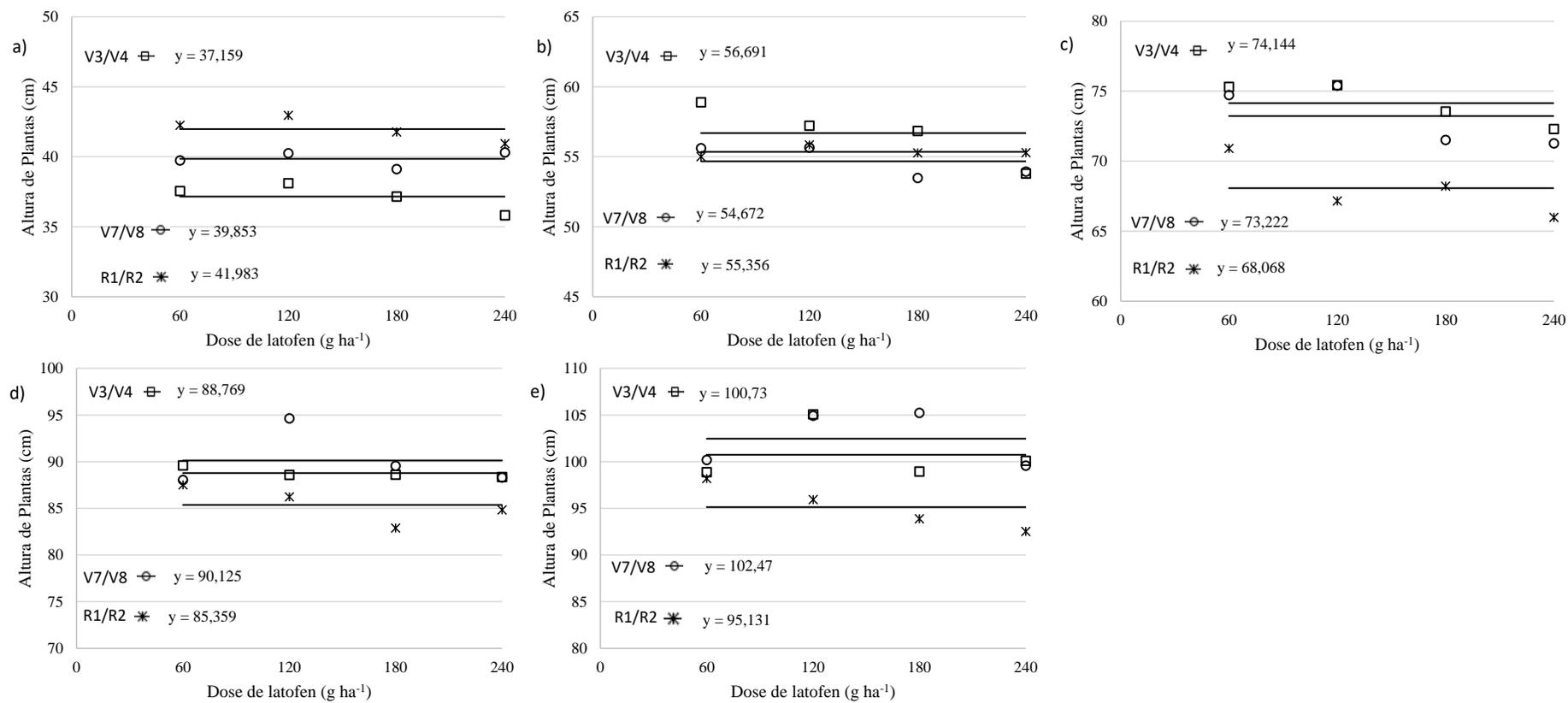


Figura 3.3. Altura da soja após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, onde, a)= 14 DAA-A; b)= 21 DAA-A e 07 DAA-B; c)= 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C; d)= 42 DAA-A; 28 DAA-B e 21 DAA-C e; e) altura na pré colheita.
*Significativo a 5% de probabilidade.

O lactofen afeta as estruturas das plantas atingidas pelo produto, ou seja, prioritariamente as folhas. Aos 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C não houve efeito das doses do herbicida sobre a área foliar quando analisadas apenas dentro de cada estágio de aplicação (Figura 3.4a). Este fato pode ser observado pela falta de ajuste, ou simplesmente pela reta representando a média da área foliar observada em cada estágio de aplicação. Uma vez que estes mesmos tratamentos causaram danos significativos ao dossel das plantas de soja (Tabela 3.2 e da Figura 3.2) o não ajuste de regressões para a área foliar demonstra que as não houve maior persistência dos danos em função do aumento da dose de lactofen. No entanto, a distribuição das médias observadas e das linhas representando a média de cada época, demonstram como a aplicação de lactofen realizada em R1/R2 proporcionou área foliar cerca de 15% menor quando comparada à aplicação realizada em V3/V4.

O índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área foliar proporcionada por todas as folhas presente em uma determinada área de solo. Ou seja, estes valores apenas diferem da área foliar citada no parágrafo anterior em grandeza. No entanto, auxiliam na interpretação dos dados como um todo. Quando lactofen foi aplicado no estágio vegetativo (V3/V4 e V7/V8) o IAF foi próximo a 5, sendo que para as mesmas doses aplicadas no estágio R1/R2 o valor foi de 4,29, uma diferença de aproximadamente 0,7. Em trabalho realizado por Copetti (2014), utilizando a soja BMX Tornado RR, de hábito de crescimento indeterminado e ciclo precoce (6.2), o IAF aferido ficou próximo de 6,6, considerado aceitável, já que o autor que considera um intervalo adequado na fase reprodutiva entre 5 e 8. Valores abaixo de 5, como foi observado no presente ensaio, podem comprometer a produção de fotoassimilados e por consequência a produtividade.

O lactofen, além da redução no IAF pela fitointoxicação, também pode influenciar a expansão deste tecido devido à maior deposição de lignina na parede celular. De maneira geral a deposição de lignina aumenta com a idade do tecido (Vicent et al. 2005) e também sob condições de estresse (Dixon & Paixa, 1995). A menor expansão celular em condição de estresse hídrico pode persistir mesmo depois da reidratação do tecido, uma vez que a maior lignificação devido ao estresse age como uma barreira mecânica às células (Vicent et al., 2005).

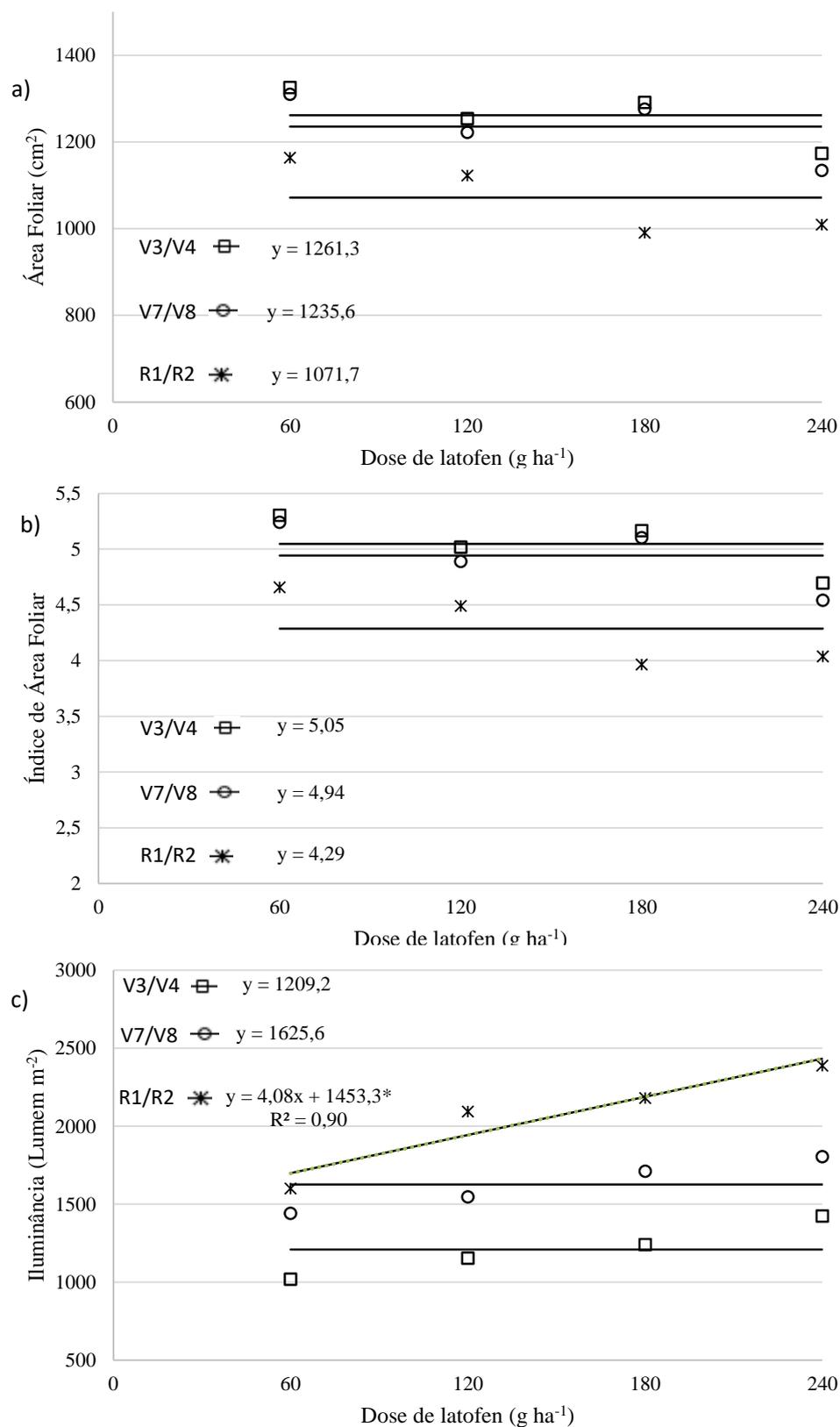


Figura 3.4. Valores médios de área foliar por planta (a), índice de área foliar (b) e iluminância nas entrelinhas de soja (c) aferidos aos 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C em função de diferentes doses de lactofen aplicadas nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

Os valores de iluminância acima do dossel apresentaram média de 105300 lúmens m⁻² durante as avaliações.

*Significativo a 5% de probabilidade.

A iluminância indica a quantidade de luz que chega ao solo e, portanto, características como altura, arquitetura, distribuição de folhas no dossel e área foliar influenciam nos resultados desta variável-resposta. Os valores aferidos aos 42 DAA-A e 28 DAA-B não apresentaram variações significativas dentro de cada época de aplicação. Para a avaliação realizada nos tratamentos aplicados em R1/R2 (21 DAA-C), houve incremento significativo na quantidade de luz que chegava ao solo em função da dose de lactofen ($4,08 \text{ lumens m}^{-2} \text{ g}^{-1}$). No tratamento que recebeu 60 g ha^{-1} a quantidade de luz estimada que incidia nas entrelinhas de soja foi de aproximadamente $1698 \text{ lumens m}^{-2}$. Já na maior dose, esse valor chegou a $2432 \text{ lumens m}^{-2}$, ou seja, o acréscimo de 180 g ha^{-1} de lactofen foi responsável por um aumento de 30,2% na iluminância nas entrelinhas. Mesmo não havendo diferenças na altura de plantas (Figura 3.3) e área foliar após a aplicação das diferentes doses de lactofen no estágio R1/R2, aparentemente a morfologia das plantas de soja foi suficientemente alterada, a ponto de uma menor quantidade de luz ser interceptada pelas folhas. Este fator, pode estar relacionado à modificação na disposição e formato das folhas no dossel. Como a maior parte da calda de pulverização é interceptada pela periferia do dossel e o mesmo ocorre com a radiação solar, danos e alterações morfológicas provocadas pelo herbicida, aliados ao estágio de desenvolvimento da soja no momento de aplicação (R1/R2) e/ou mesmo ao menor intervalo de avaliação (21 DAA-C), resultaram em mudanças que reduziram a interceptação de radiação.

A haste principal da soja é na maioria dos casos a estrutura onde folhas, flores e vagens estão aderidas às plantas e, portanto, variações nas dimensões dessa estrutura são importantes na compreensão e previsão do comportamento da mesma em função das estratégias de manejo. Algumas destas diferenças podem ser observadas por meio da Figura 3.5. Doses crescentes de lactofen aplicadas no início do estágio vegetativo (V3/V4) não causaram alterações significativas no diâmetro de caule entre os nós V5 e V6 aferido na précolheita, provavelmente devido ao longo período que a planta teve para se recuperar. Quando as aplicações foram realizadas no estágio V7/V8 houve decréscimo de $0,003 \text{ mm}$ no diâmetro de caule da soja para cada g de lactofen aplicado, apresentando $4,4 \text{ mm}$ quando a dose utilizada foi de 60 g ha^{-1} e $3,9 \text{ mm}$ quando a dose foi de 240 g ha^{-1} . A aplicação de lactofen no início do estágio reprodutivo proporcionou valores numericamente inferiores à época anterior, no entanto, a redução do diâmetro em função da dose de lactofen foi a mesma, $0,003 \text{ mm}$ para cada g de lactofen. Ou seja, aplicações de lactofen realizadas próximas ao período reprodutivo ou mesmo no período reprodutivo podem reduzir o diâmetro de caule, em maior ou menor proporção, dependendo da dose utilizada.

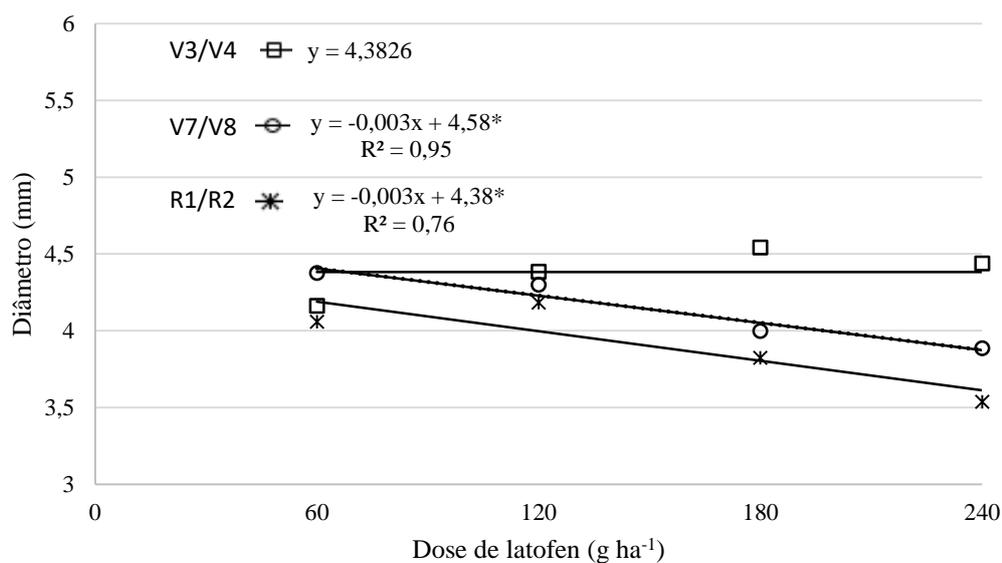


Figura 3.5. Diâmetro de caule entre os nós V5 e V6 das plantas de soja na pré-colheita após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.
*Significativo a 5% de probabilidade.

O estresse causado pela aplicação de herbicidas normalmente afeta as plantas com mais intensidade nos primeiros dias ou semanas após sua aplicação, no entanto, as modificações causadas pelos mesmos ainda podem influenciar os componentes de produtividade e por consequência a produtividade. A Figura 3.6a demonstra que a aplicação das doses de lactofen nos estádios de desenvolvimento V3/V4, V7/V8 e R1/R2 não afetou o número de grãos por vagem (média de 2,43, 2,39 e 2,35, respectivamente).

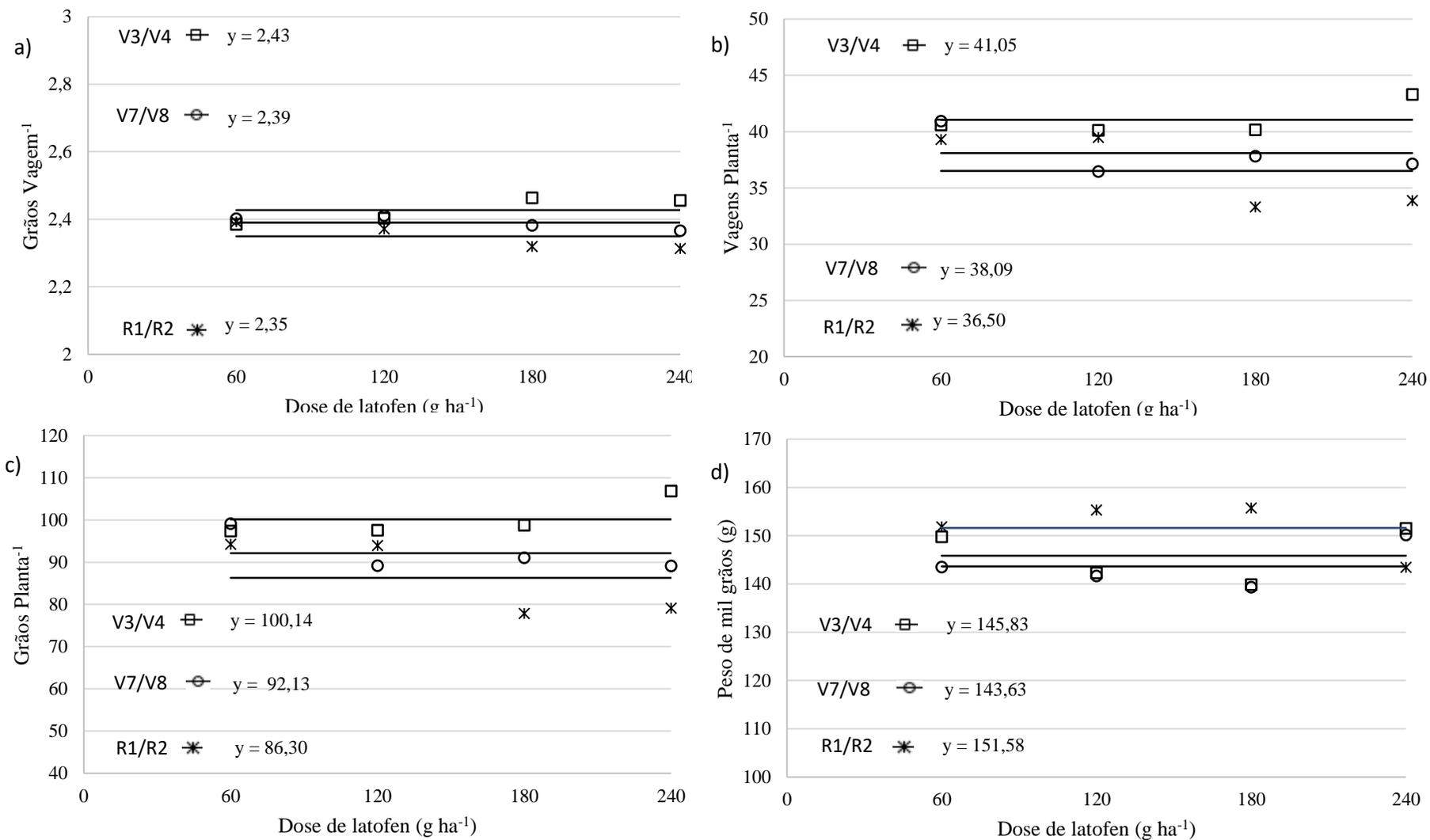


Figura 3.6. Número de grãos por vagem (a), número de vagens por planta (b), número de grãos por planta (c) e massa de mil grãos de soja (d) após a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

*Significativo a 5% de probabilidade.

O número de vagens por planta dentro de cada época de aplicação em função das doses de lactofen não apresentou comportamento que pudesse ser ajustado por uma equação específica (Figura 3.6b). No entanto, à medida que as aplicações ocorriam mais tardiamente, o número de vagens por planta foi menor, chegando à 36,50 nas plantas que receberam aplicações no início do estágio reprodutivo, contra 41,05 das plantas que foram tratadas em V3/V4. Como o número grãos por planta (Figura 3.6c) é o produto das duas variáveis discutidas anteriormente, os valores observados seguiram prioritariamente a tendência da variável-resposta que apresentou maior variação (número de vagens por planta). No entanto, dentro de cada época de aplicação também não foi observado comportamento significativo. Nas parcelas onde as aplicações foram realizadas em V3/V4 o número médio de grãos por planta foi de 100,14 e onde as aplicações foram realizadas no início do estágio reprodutivo foi de 86,30. Outro fato que pode ser observado é a distribuição das médias dentro de cada dose, que apresentam maiores distâncias entre si à medida que a dose de lactofen aumenta. Provavelmente isto ocorra devido ao maior estresse decorrente destas doses, já que as plantas de maneira geral tendem apresentar menor plasticidade quando estão se recuperando de adversidades.

A massa de mil grãos, da mesma forma que as variáveis discutidas anteriormente, também não apresentou comportamento que pudesse ser ajustado por uma equação em função das doses de lactofen dentro de cada estágio de desenvolvimento da soja (Figura 3.6d). Para o estágio de aplicação V3/V4 a massa de mil grãos foi 145,83 gramas, ao passo que, para as doses aplicadas no estágio V7/V8 e R1/R2 estes valores foram de 143,63 e 151,58 gramas, respectivamente.

O número de ramos produtivos pode ser uma variável importante principalmente em condições de baixa população de plantas e tem como finalidade ocupar os espaços entre plantas e entrelinhas que tenham disponibilidade de luz solar. No entanto, a amplitude deste comportamento depende da cultivar e das condições de manejo e clima. Mesmo não apresentando um comportamento mensurável do número de ramos produtivos em função das doses de lactofen aplicadas em cada estágio de desenvolvimento da soja, as plantas que receberam as aplicações em V3/V4 tiveram em média 3,78 ramos produtivos por planta, ao passo que as plantas que receberam as aplicações em V7/V8 e R1/R2 tiveram em média 3,92 e 3,91 ramos produtivos por planta, respectivamente (Figura 3.7a). O menor número de ramos produtivos nas parcelas que receberam as primeiras aplicações de lactofen pode estar relacionado principalmente à menor quantidade de luz disponível nos estratos inferiores do dossel (Figura 3.4c), fato menos pronunciado nas parcelas que receberam aplicações realizadas em V7/V8 e R1/R2.

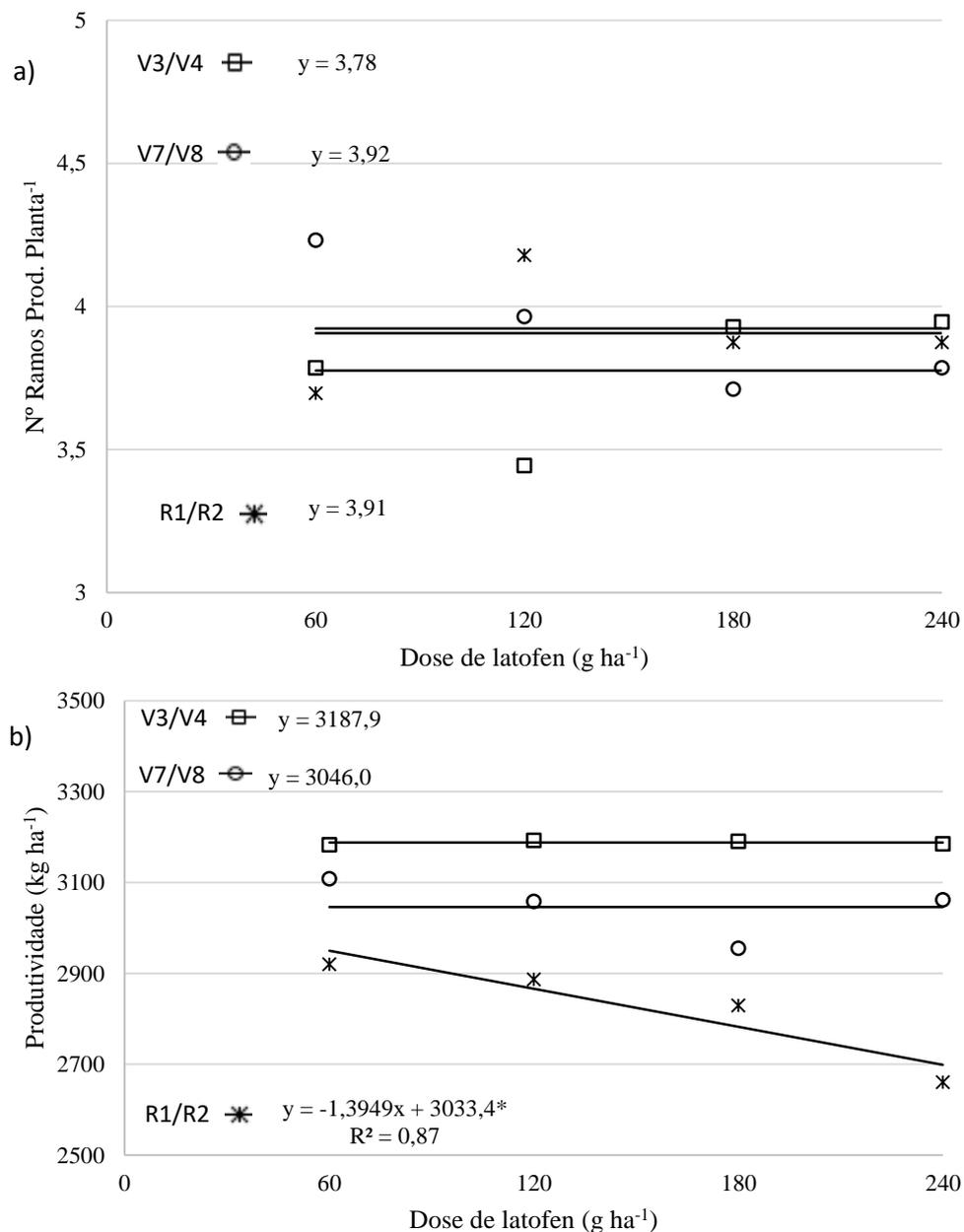


Figura 3.7. Número de ramos produtivos (a) e produtividade da soja após (b) a aplicação de diferentes doses de lactofen nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

*Significativo a 5% de probabilidade.

A produtividade da soja é o resultado da interação das variáveis climáticas, edáficas, genéticas e de manejo ocorridas durante o ciclo da cultura. Entre as principais variáveis de manejo que podem causar danos às culturas estão os herbicidas. No entanto, normalmente os benefícios resultantes do controle das plantas daninhas é maior que os possíveis prejuízos causados pela sua fitointoxicação. Afim de minimizar estes possíveis efeitos negativos sobre as culturas, experimentos visando apenas a avaliação da seletividade devem ser realizados em diferentes locais e condições (Wichert & Talbert, 1993).

Dentro das três épocas de aplicação, as realizadas no estágio de desenvolvimento V3/V4 e V7/V8 não apresentaram tendências em função das doses lactofen, sendo que as produtividades foram de 3187,9 e 3046,0 kg ha⁻¹ para a primeira e segunda épocas, respectivamente (Figura 3.7b). Já a aplicação de lactofen no início do estágio reprodutivo apresentou comportamento linear decrescente, sendo que para a elevação de cada grama do herbicida a produtividade foi reduzida em 1,395 kg ha⁻¹. Desta forma, no tratamento com 60 g ha⁻¹ de lactofen a produtividade estimada foi de 2949,7 kg ha⁻¹, aproximadamente 9 % superior à observada no tratamento onde foi aplicada a maior dose de lactofen (240 g ha⁻¹), que apresentou apenas 2698,6 kg ha⁻¹.

Normalmente os efeitos negativos são menos prejudiciais quanto mais cedo ocorrem no ciclo da cultura, desde que não afetem a população de plantas. Nesse sentido, os danos causados por lactofen aplicado no estágio vegetativo causaram menos danos às plantas de soja, já que o tempo total para recuperação dos sintomas foi maior e a relação fonte-dreno neste período é voltada prioritariamente à formação de folhas. Wichert & Talbert (1993) afirmam que em condições propícias ao crescimento e desenvolvimento da soja, os danos causados por lactofen aplicado no estágio vegetativo, tornam-se pouco relevantes após aproximadamente três semanas, não afetando a produtividade. Por outro lado, para o presente ensaio, quando lactofen foi aplicado no início do estágio reprodutivo, além do menor tempo de recuperação, as plantas apresentavam outra dinâmica no direcionamento dos fotoassimilados, com as estruturas reprodutivas sendo o dreno preferencial. Dessa forma, quanto maior os danos causados ao aparato fotossintéticos, menor a produção de fotoassimilados e, por consequência, menor a produtividade de grãos.

As correlações entre as variáveis-resposta avaliadas durante o ciclo da soja estão contidas na Tabela 3.3. Após as aplicações de lactofen em V3/V4 e V7/V8 algumas correlações entre porcentagem de injúria e as demais variáveis não apresentaram a mesma tendência, já que no início, somente alguns tratamentos haviam recebido os tratamentos com o herbicida. Nesse sentido, as correlações que devem ser analisadas com maior atenção são as obtidas após as três épocas de aplicação.

Tabela 3.3. Matriz de correlações entre as variáveis-resposta avaliadas após a aplicação de diferentes doses de lactofen sobre a soja nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2.

	Injúria						Altura					Ilum	Área/IAF		Diam	Grão/Vagem	N. Vagens	Grãos/Planta	N. Ramos	Mil Grãos
	7A ^{1/}	14A	21A 7B	28A 14B 7C	35A 21B 14C	42A 28B 21C	14A	21A 7B	35A 21B 14C	42A 28B 21C	Pré Colheita	42A 28B 21C	42A 28B 21C							
Injúria																				
14A	0,95*																			
21A, 7B	-0,13	-0,1																		
28A, 14B, 7C	-0,45	-0,39	-0,03																	
35A, 21B, 14C	-0,4	-0,36	-0,14	0,92																
42A, 28B, 21C	-0,46	-0,41	-0,08	0,86	0,89															
Altura																				
14A	-0,45	-0,42	-0,08	0,32	0,29	0,26														
21A, 7B	0,04	-0,01	-0,1	-0,07	-0,08	-0,14	0,35													
35A, 21B, 14C	0,17	0,09	0,13	-0,49	-0,49	-0,5	0,12	0,43												
42A, 28B, 21C	0,03	0,07	0,15	-0,2	-0,22	-0,2	-0,11	-0,12	0,1											
Pré colheita	0,08	0,14	0,23	-0,27	-0,29	-0,28	-0,1	0,03	0,16	0,83										
Ilum																				
42A/28B/21C	-0,25	-0,2	0,01	0,5	0,46	0,53	0,02	-0,23	-0,5	-0,09	-0,21									
Área																				
42A/28B/21C	0,1	0,08	0,04	-0,4	-0,4	-0,39	-0,1	-0,04	0,16	0,11	0,03	-0,12								
Diam																				
42A/28B/21C	0,35	0,34	0,01	-0,51	-0,49	-0,5	-0,12	0,15	0,26	0,12	0,21	-0,21	0,21							
Grão/Vagem																				
42A/28B/21C	0,3	0,33	0,07	-0,3	-0,36	-0,27	-0,32	-0,16	-0,14	0,2	0,13	0	0,24	0,29						
N. Vagens																				
42A/28B/21C	0,21	0,15	0,03	-0,22	-0,23	-0,26	-0,12	-0,02	0,01	0,02	0,04	-0,03	0,24	0,57	0,48					
Grãos/Planta																				
42A/28B/21C	0,24	0,2	0,05	-0,25	-0,27	-0,28	-0,17	-0,05	0,02	0,05	0,02	-0,01	0,26	0,56	0,6	0,99				
N. Ramos																				
42A/28B/21C	-0,07	-0,1	0,01	0,07	0,03	0,05	0,18	0,07	-0,01	0	-0,06	0,14	0,19	0,28	0,17	0,47	0,46			
Mil Grãos																				
42A/28B/21C	-0,02	-0,03	-0,01	0,08	-0,02	0,02	0,19	0,1	0,05	-0,31	-0,26	-0,03	-0,07	-0,11	-0,03	-0,08	-0,08	-0,06		
Produtividade																				
42A/28B/21C	0,3	0,26	0,08	-0,43	-0,34	-0,41	-0,01	0,15	0,52	0,06	0,15	-0,52	0,11	0,39	-0,12	0,01	-0,02	-0,12	-0,07	

^{1/}7A= 7 DAA-A; 14A= 14 DAA-A; 21A= 21 DAA-A; 28A= 28 DAA-A; 35A= 35 DAA-A; 42A= 42 DAA-A; 63A= 63 DAA-A; 7B=07 DAA-B; 14B= 14 DAA-B; 21B= 21 DAA-B; 28B= 28 DAA-B; 49B= 49 DAA-B; 7C= 7 DAA-C; 14C= 14 DAA-C; 21C=21 DAA-C; 42C= 42 DAA-C; Área/IAF= área foliar e/ou índice de área foliar; Diam= diâmetro entre os nós V5 e V6; N. Vagens= número de vagens por planta; Grãos/Planta= número de grãos por planta; N. ramos= número de ramos produtivos por planta e Mil Grãos= massa de mil grãos. * = Correlação positiva ($\alpha = 0,05$) e = correlação negativa ($\alpha = 0,05$).

Por ser um herbicida de contato, inibidor da enzima PROTOX, o lactofen causa lesões pouco tempo após ser depositado sobre os tecidos fotossintetizantes (Damião Filho et al., 1992). Mesmo tendo pouca persistência na planta, os danos causados podem persistir ao longo do ciclo da cultura por meio da incapacidade de recuperação plena dos tecidos afetados ou mesmo pelos eventos morfofisiológicos desencadeados pelos danos iniciais. A porcentagem de injúria em três avaliações (28 DAA-A, 21 DAA-B e 7 DAA-C, 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C e 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C) apresentou correlação próxima à -0,49 para altura aos 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C. Para as mesmas avaliações de injúria as correlações foram menores para altura aos 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C, aproximadamente -0,21 e, quando correlacionadas com a altura na précolheita o valor médio foi -0,28.

As folhas são as principais estruturas que interceptam a luz, além da quantidade a forma como estão distribuídas são fatores cruciais na ocupação do espaço. Danos causados por herbicidas de contato podem afetar rapidamente estas variáveis e dependendo da intensidade podem continuar influenciando outras durante o desenvolvimento da cultura. No presente ensaio os primeiros eventos morfológicos que ocorreram após a aplicação do lactofen foram clorose, encarquilhamento e necrose do limbo foliar (Tabela 3.2 e Figura 3.2), quantificados em diferentes épocas por meio da fitointoxicação das plantas de soja. As correlações da área foliar com esta variável apresentaram valores próximos à -0,40. Seguindo comportamento semelhante, mas numericamente positivo, a iluminância correlacionou-se positivamente com a injúria, sendo 0,50 aos 28 DAA-A, 21 DAA-B e 7 DAA-C, 0,46 aos 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C e -0,53 aos 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C, ou seja, quanto maior os danos observados às plantas de soja maior a quantidade de luz nas entrelinhas da mesma.

Mesmo sendo a principal fonte de fotoassimilados durante o ciclo da soja, as folhas também são o principal dreno na fase vegetativa, já que estão em franca expansão para atender às demandas posteriores. Durante esta fase danos ocorridos que reduzam a área foliar normalmente são remediados pela emissão de novas folhas, nesse sentido, outras estruturas que também estão se desenvolvendo podem ser afetadas. Este comportamento pode ser observado neste ensaio por meio da correlação negativa média de -0,50 entre a injúria após três aplicações de lactofen e o diâmetro do caule aferido na précolheita da soja. Como o caule é composto principalmente por celulose, hemicelulose e ligninas, compostos que demandam grandes quantidades de fotoassimilados, danos sobre as folhas podem ter contribuído diretamente para a redução de carboidratos e, conseqüentemente, no diâmetro de caule.

No período reprodutivo o principal dreno da soja são as flores e vagens e, portanto, danos causados às folhas, principais órgãos fotossintetizantes, são mais prejudiciais nesta fase

que na fase vegetativa. Mesmo apresentando menor correlação que as variáveis citadas anteriormente, o número de grãos por vagem se correlacionou negativamente com a porcentagem de injúria aos 28 DAA-A, 21 DAA-B e 7 DAA-C, 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C e 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C, com valores entre -0,27 e -0,36. Já o número de vagens por planta apresentou correlação com a porcentagem de injúria observada nas mesmas datas citadas anteriormente próximos à -0,24. Seguindo o mesmo comportamento o número de grãos de soja por planta correlacionou-se em média -0,27 com a porcentagem de injúria aferida em três épocas após todas as aplicações do lactofen.

A produtividade, variável que agrupa os resultados das interações ocorridas durante o ciclo da cultura, correlacionou-se negativamente com a porcentagem de injúria nas três últimas avaliações (-0,43, -0,34 e -0,41). Ou seja, quanto maior os danos causados às plantas de soja, menor foi a produtividade. Já a altura da soja aferida aos 35 DAA-A, 21 DAA-B e 14 DAA-C, apresentou correlação positiva com a produtividade (0,52). Como esta foi a primeira avaliação de altura realizada após todas as aplicações dos tratamentos, é possível que os efeitos negativos fossem mais evidentes neste momento, proporcionando maior correlação. Outra variável que apresentou correlação com a produtividade foi a iluminância (-0,52). Como a quantidade de luz nas entrelinhas da soja representa de forma prática a luz que não foi captada pelas folhas, deve-se considerar que menos fotoassimilados foram produzidos e, portanto, o enchimento de grãos foi comprometido.

A correlação não expressa a causa e a consequência, no entanto, por meio da interpretação da mesma e análise da ordem lógica dos eventos morfofisiológicos é possível observar como os danos causados pelo lactofen estão relacionados. As correlações entre as variáveis foram observadas mesmo depois de vários dias após as aplicações e demonstram como os estresses causados por herbicidas podem influenciar a produtividade da soja, mesmo em condições climáticas não restritivas (Figura 3.1).

Na Tabela 3.4 estão todos os dados das variáveis-resposta quantitativas e suas comparações com a testemunha sem herbicida, destacando que a porcentagem de injúria foi avaliada apenas após a aplicação dos tratamentos. De maneira geral, a variável que apresentou mais valores diferentes da testemunha foi a porcentagem de injúria, responsável pela mensuração direta dos danos causados pelo lactofen. Após as aplicações realizadas em V3/V4 os sintomas persistiram de forma significativa por 14 DAA na dose de 60 e 120 g ha⁻¹ de lactofen (4% e 8%, respectivamente). Já as doses de 180 e 240 g ha⁻¹ causaram alterações significativas até os 28 DAA, com 5,3% e 7% de injúria, respectivamente. As aplicações no estágio V7/V8 apresentaram comportamento semelhante às anteriores, tanto na intensidade quanto na

persistência dos sintomas. Quando lactofen foi aplicado no início do período reprodutivo a porcentagem de injúria foi semelhante às anteriores, iniciando-se em 24,4% e 33,8% nas doses de 180 e 240 g ha⁻¹, respectivamente. No entanto, a persistência dos sintomas ao longo das avaliações foi numericamente maior para todas as doses quando se observam as épocas anteriores. Aos 14 DAA lactofen a 60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹ causou 7,6%, 14,3%, 16,9% e 26,3%, respectivamente, sendo que estes valores chegaram a 4,4%, 7,9%, 9,8% e 13,8% aos 21 DAA, para as mesmas doses (60, 120, 180 e 240 g ha⁻¹, respectivamente). A menor capacidade de recuperação da soja no estágio reprodutivo pode estar diretamente relacionada ao direcionamento dos fotoassimilados, que nesta fase são transportados prioritariamente para os drenos que demandam mais fotoassimilados, as flores e legumes (Pereira, 2002; Jiang et al., 2004).

A altura das plantas de soja foi pouco afetada pelas aplicações de lactofen durante as avaliações. A dose de 240 g ha⁻¹ do herbicida proporcionou valores inferiores à testemunha sem herbicida em duas ocasiões, aos 14 DAA-A, quando a testemunha apresentava 42 cm e o referido tratamento aplicado em V3/V4 36 cm e, aos 35 DAA-C, momento em que a testemunha chegou 75 cm e a maior dose de lactofen aplicado em R1/R2 66 cm.

O índice de área foliar da soja aos 42 DAA-A, 28 DAA-B e 21 DAA-C foi afetado negativamente pelas aplicações de lactofen nas doses de 180 e 240 g ha⁻¹ realizadas no estágio R1/R2, os valores aferidos foram de 3,96 e 4,04, respectivamente, enquanto a testemunha apresentou 5,39, uma diferença média de 25,79%. Considerando que durante esta avaliação a soja estava no estágio R5, reduções significativas na área foliar podem comprometer a produtividade, já que as folhas são os principais órgãos fotossintetizantes.

Outra variável que remete à utilização da luz é a iluminância nas entrelinhas da soja. As aplicações lactofen estágio V7/V8 nas doses de 180 e 240 g ha⁻¹, proporcionaram 65% e 73% a mais de luz nas entrelinhas, respectivamente, quando comparadas à testemunha sem herbicida. Quando as aplicações foram realizadas em R1/R2, doses a partir de 120 g ha⁻¹ foram suficientes para elevar significativamente a iluminância, com valores entre 2094 e 2388 lúmens m⁻², já testemunha apresentou apenas 1040 lúmens m⁻², uma diferença superior a 100%.

Tabela 3.4. Resumo das variáveis-resposta mensuradas após a aplicação de diferentes doses de lactofen na soja nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, onde (+) significa valor superior à testemunha e (-) valor inferior à testemunha.

Tratamento	Dose (g ha ⁻¹)	Estádio de Aplicação	Injúria (%)						Altura (cm)				Pré Colh	IAF		Ilum	Diam	Grão/Vagem	Vagens/Planta	Grãos/Planta	N. Ramos	Mil Grãos	Prod.	Total
			7A ^{1/}	14A	21A 7B	28A 14B 7C	35A 21B 14C	42A 28B 21C	14A	21A 7B	35A 21B 14C	42A 28B 21C		42A 28B 21C										
1. Lactofen	60	V3/V4	12,1 (+)	4,0 (+)	1,6	1,4	1,0	0,0	38	59	75	90	99	5,30	1019	4,16	2,38	40,61	97,36	3,79	149,74	3183	2	
2. Lactofen	120	V3/V4	18,6 (+)	8,0 (+)	4,4	3,6	1,4	0,5	38	57	75	89	105	5,02	1153	4,39	2,40	40,13	97,54	3,44	142,25	3193	2	
3. Lactofen	180	V3/V4	26,6 (+)	10,0 (+)	6,9 (+)	5,3 (+)	3,3	0,6	37	57	74	89	99	5,16	1240	4,54	2,46	40,16	98,79	3,93	139,86	3191	4	
4. Lactofen	240	V3/V4	33,1 (+)	15,6 (+)	10,6 (+)	7,0 (+)	2,9	1,3	36 (-)	54	72	88	100	4,70	1424	4,44	2,46	43,30	106,88	3,95	151,49	3185	5	
5. Lactofen	60	V7/V8			18,1 (+)	7,3 (+)	2,5	2,4	40	56	75	88	100	5,24	1441	4,38	2,40	40,95	99,13	4,23	143,48	3108	2	
6. Lactofen	120	V7/V8			24,4 (+)	11,5 (+)	3,4	3,4 (+)	40	56	75	95	105	4,89	1546	4,30	2,41	36,46	89,21	3,96	141,63	3059	2	
7. Lactofen	180	V7/V8			27,9 (+)	13,8 (+)	7,8 (+)	4,4 (+)	39	53	72	90	105	5,10	1711 (+)	4,00	2,38	37,82	91,06	3,71	139,31	2956	5	
8. Lactofen	240	V7/V8			31,1 (+)	18,8 (+)	11,5 (+)	6,6 (+)	40	54	71	88	100	4,54	1804 (+)	3,89	2,37	37,14	89,13	3,79	150,13	3062	5	
9. Lactofen	60	R1/R2				14,5 (+)	7,6 (+)	4,4 (+)	42	55	71	88	98	4,66	1600	4,06	2,39	39,30	94,25	3,70	151,84	2920	3	
10. Lactofen	120	R1/R2				22,8 (+)	14,3 (+)	7,9 (+)	43	56	68	86	96	4,49	2094 (+)	4,18	2,37	39,48	93,95	4,18	155,33	2887	4	
11. Lactofen	180	R1/R2				24,4 (+)	16,9 (+)	9,8 (+)	42	55	68	83	94	3,96 (-)	2180 (+)	3,82 (-)	2,32	33,32	77,88	3,88	155,73	2829	6	
12. Lactofen	240	R1/R2				33,8 (+)	26,3 (+)	13,8 (+)	41	55	66 (-)	85	93	4,04 (-)	2388 (+)	3,54 (-)	2,31	33,89	79,13	3,88	143,45	2661 (-)	8	
13. Test. Sem herbicida	-	-	0	0	0	0	0	0	42	56	75	90	101	5,39	1040	4,41	2,40	39,00	93,95	3,88	133,69	3070		

^{1/}7A= 7 DAA-A; 14A= 14 DAA-A; 21A= 21 DAA-A; 28A= 28 DAA-A; 35A= 35 DAA-A; 42A= 42 DAA-A; 63A= 63 DAA-A; 7B=07 DAA-B; 14B= 14 DAA-B; 21B= 21 DAA-B; 28B= 28 DAA-B; 49B= 49 DAA-B; 7C= 7 DAA-C; 14C= 14 DAA-C; 21C=21 DAA-C; 42C= 42 DAA-C; Pré Colh= pré colheita; IAF= índice de área foliar; Ilum= Iluminância (lúmens m⁻²); Diam= diâmetro entre os nós V5 e V6 (mm); Vagens/Planta= número de vagens por planta; Grãos/Planta= número de grãos por planta; N. ramos= número de ramos produtivos por planta; Mil Grãos= massa de mil grãos (g); Prod.= Produtividade (kg ha⁻¹); (+) e (-)= valor superior e inferior à testemunha pelo teste de Dunett a 5% de probabilidade e; Total= número de variáveis diferentes da testemunha.

As alterações promovidas pelas doses de 180 e 240 g ha⁻¹ de lactofen aplicadas em R1/R2 também reduziram o diâmetro do caule. Esta estrutura normalmente é pouco atingida pela calda de pulverização e, portanto, os efeitos sobre a mesma são resultado de outras variáveis, como a porcentagem de injúria e a área foliar.

O lactofen promoveu alterações nas plantas de soja que vão desde os efeitos diretos como a fitointoxicação, até indiretos como a redução no diâmetro de caule. No entanto, estes efeitos foram menos persistentes nas menores doses do produto e quando as aplicações foram realizadas em estádios mais precoces. O único tratamento que resultou em queda significativa de produtividade foi lactofen a 240 g ha⁻¹ aplicada no estádio R1/R2 (2661 kg ha⁻¹), proporcionando 13,32% de queda (409 kg ha⁻¹), quando comparado à testemunha sem herbicida (3070 kg ha⁻¹). Apesar deste resultado, cabe ressaltar que neste mesmo estádio foi identificado uma redução gradativa da produtividade em função do aumento da dose de lactofen (Figura 3.7b), fato que deve ser encarado como um sinal de alerta para esta prática nas culturas comerciais.

CONCLUSÕES

A aplicação de lactofen sobre a soja, variedade BRS 360 RR[®], no início do desenvolvimento ou em V7/V8, em doses entre 60 e 240 g ha⁻¹, reduz o crescimento da cultura sem, contudo, afetar a produtividade.

A dose de 240 g ha⁻¹ de lactofen, empregada no início do florescimento da variedade de soja BRS 360 RR[®], reduz o crescimento da cultura e causa queda de produtividade em condições edafoclimáticas não restritivas.

A aplicação de lactofen no início do florescimento da soja até a dose máxima de 180 g ha⁻¹, não afeta a produtividade, mesmo reduzindo o crescimento da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSELMO, J.L.; ANDRADE, J.A.C.; LAZARINI, E.; COSTA, D.S.; LEAL, A.J.F. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de soja na região dos Chapadões. **Científica**, v.39, n.1/2, p.69-78, 2011.

BUZZELLO, G.L. **Uso de reguladores no controle do crescimento e no desempenho agrônômico da cultura da soja cultivar CD 214 RR**. 2010. 157 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR.

CARVALHO, E.V.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, W.F.; AFFÉRI, F.S.; DOTTO, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agroambiente**, v.7, n.2, p.162-169, 2013.

COPETTI, M.Q. **Área foliar da soja em relação ao uso de bioestimulantes**. 2014. 37 f. Tese (Doutorado). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí - RS.

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

DANN, E.K.; DIERS, B.W.; HAMMERSCHMIDT, R. Suppression of sclerotinia stem rot of soybean by lactofen herbicide treatment. **Phytopathology**. v.89. p.598-602. 1999.

DIXON, R.; PAIVA, N.L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The Plant Cell**, v.7, n.7, p.1085-1097, 1995.

ELLIS, J. M.; GRIFFIN, J. L. Glyphosate and broadleaf herbicide mixtures for soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 17, p. 21-27, 2003.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Paraná 2006**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 208 p.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of 3rd and 4rd meetings of EWRC. Committee of methods in weed research. **Weed Research**, v.4, p.88, 1964.

FERRARI, J.V.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, S.; SANTOS, D.M.A.; VAL, H.C.; SANTOS, M.L. Intensidade luminosa em função da aplicação de regulador de crescimento e espaçamentos em algodoeiro. In: 6^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. Uberlândia-MG, 2007. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão/Amipa. 2007.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

NELSON, K.A.; RENNER, K.A. **Postemergence herbicides affect soybean development and incidence of white mold.** North Central Weed Science Society Proceedings. v. 54. 1999.

NELSON, K.A.; RENNER, K.A.; HAMMERSCHMIDT, R. Effects of Protoporphyrinogen Oxidase Inhibitors on Soybean (*Glycine max* L.) Response, *Sclerotinia sclerotiorum* Disease Development, and Phytoalexin Production by Soybean. **Weed Technology**. v. 16. p. 353-359. 2002.

JIANG, A.C.D.; GAO, H.Y.; ZOU, Q.; JIANG, G.M.; LI, L.H. Leaf orientation, photorespiration and xanthophyll cycle protect Young soybean leaves against high irradiance in field. **Environmental and Experimental Botany**, v.55, p.87-96, 2006.

PEREIRA, C.R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais.** 2002. 282f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas.** Londrina. 42p. 1995.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's guide.** Cary: 1999. 943p.

VINCENT, D.; LAPIERRE, C.; POLLET, B.; CORNIC, G.; NEGRONI, L.; ZIVY, M. Water deficits affect caffeate O-methyltransferase, lignification, and related enzymes in maize leaves. A proteomic investigation. **Plant Physiology**, v.137, n.3,p.949-960, 2005.

WICHERT, R.A.; TALBERT, R.E. Soybean [*Glycine max* (L.)] response to lactofen. **Weed Science**, v.41, n.1, p.23-27, 1993.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A plasticidade das plantas é variável em amplitude e forma, dependendo das condições do ambiente e das características intrínsecas de cada espécie ou mesmo do cultivar no caso das plantas cultivadas. A cultura da soja, mesmo tendo passado por processos intensos de melhoramento ainda apresenta respostas diferentes às condições do meio e aos métodos de manejo empregados. No Experimento 1, realizado com a cultivar BMX Potência RR[®], em condições edafoclimáticas consideradas ótimas ao crescimento e desenvolvimento da cultura, houve redução na perda produtividade em função do menor crescimento e acamamento das plantas causada pela aplicação de lactofen em R1/R2, sendo este resultado significativo quando a maior dose do herbicida foi aplicada (180 g ha⁻¹). Quando foi utilizada a mesma dose, aplicada no mesmo estágio de desenvolvimento da soja BRS 360 RR[®], sob estresse hídrico (Experimento 2) e condições não restritivas (Experimento 3) a aplicação de lactofen não causou prejuízos à produtividade.

A soja apresentou redução de crescimento transitório quando lactofen foi aplicado no início do desenvolvimento da cultura. Por outro lado, quando o mesmo herbicida foi aplicado mais tardiamente os danos foram mais persistentes. Estes efeitos foram agravados pelo aumento na dose do herbicida e pelo déficit hídrico posterior as aplicações, fato que resultou em queda significativa de produtividade nas doses mais elevadas.

As condições do tempo influenciaram as respostas das plantas ao lactofen. Sob situação ótima para o crescimento e desenvolvimento das plantas o herbicida promoveu modificações morfofisiológicas benéficas. No entanto, quando as condições edafoclimáticas foram menos propícias, alguns danos causados pelo lactofen tornaram-se efetivamente prejudiciais às plantas, afetando parâmetros importantes para que a produtividade fosse mantida. Este comportamento foi comprovado pelo Experimento 2, que apresentou danos severos, mais persistentes e que levaram a redução de produtividade quando houve estresse hídrico após a aplicação de lactofen. No entanto, quando a aplicação do herbicida foi realizada ao final do período de estresse hídrico, os danos foram menores. Demonstrado que assim como para as plantas daninhas, o clima influencia profundamente a ação do herbicida sobre a cultura.

Em suma, as respostas das plantas de soja à aplicação de lactofen podem ser modificadas em função da dose, época e condições de crescimento e desenvolvimento que a cultura se encontra. Estudos em condições edafoclimáticas distintas e com outras cultivares podem auxiliar na melhor compreensão destas relações.

CONCLUSÕES GERAIS

Em condições de crescimento excessivo da soja, cultivar BMX Potência RR[®], o Lactofen aplicado no início do período reprodutivo, na dose de 180 g ha⁻¹, reduz o crescimento plantas, previne a queda de produtividade ocasionada pelo acamamento e pode ser utilizado como regulador de crescimento.

Quando aplicado nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja, cultivar BRS 360 RR[®], o lactofen (60 a 240 g ha⁻¹) promove menor crescimento da cultura sem, contudo, afetar a produtividade. Ao passo que, as doses de 180 e 240 g ha⁻¹, aplicadas no estágio de desenvolvimento V7/V8, antecedendo um período de estresse hídrico, resultaram em queda de rendimento da soja.

A dose de 240 g ha⁻¹ de lactofen, empregada no início do florescimento da variedade de soja BRS 360 RR[®], reduz o crescimento da cultura e causa queda de produtividade em condições edafoclimáticas não restritivas.

O uso de lactofen para o controle do crescimento e acamamento em soja é eficiente e seguro na dose de 180 g ha⁻¹ aplicado no início do período reprodutivo.

ANEXOS

Anexo 1. Resumo da análise de variância das variáveis-resposta mensuradas após a aplicação dos diferentes tratamentos sobre a soja BMX Potência RR no estádio R1/R2, experimento realizado em Ivaiporã-PR, ano 2012/2013.

F.V.	G.L.	Quadrado médio														
		Injúria				Altura				Desfolha				Acamamento		
		3 DAA	8 DAA	16 DAA	29 DAA	8 DAA	16 DAA	29 DAA	Pré-colheita	16 DAA	29 DAA	56 DAA	8 DAA	16 DAA	29 DAA	Pré-colheita
Trat	8	530,23*	591,37*	324,70*	213,50*	236,84*	701,33*	1045,97*	1148,97*	24,67	16,81	92,48	96,54	118,87*	117,92	51,38*
Bloco	5	4,43	4,79	2,25	2,55	63,72	22,13	46,22	15,90	150,75	33,67	304,91	255,60	303,80	326,74	27,26
Resíduo	40	12,90	4,28	2,88	2,14	9,45	11,00	10,60	7,34	15,38	9,92	44,28	63,24	39,42	58,20	7,95
Total	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Significativo a 5% de probabilidade.

Anexo 2. Resumo da análise de variância das variáveis-resposta mensuradas após a aplicação dos diferentes tratamentos sobre a soja BMX Potência RR no estádio R1/R2, experimento realizado em Ivaiporã-PR, ano 2012/2013.

F.V.	G.L.	Quadrado médio											
		Lignina	Ângulo terço inferior	Ângulo terço médio	Diâmetro	Iluminância		Altura de inserção de vagem	Grão/Vagem ^{1/}	Vagens/Planta	Grãos/Planta	Massa de mil grãos	Produtividade
						16 DAA	29 DAA						
Trat	8	213,43	62,77*	243,21*	0,11	3211,73	2207,71	34,28*	0,008	16,32	116,99	76,01	210808,30
Bloco	5	77,24	29,22	97,41	0,18	2732,43	11428,87	8,81	0,007	17,28	123,49	40,10	494136,91
Resíduo	40	86,51	19,68	36,33	0,11	2590,83	2394,91	5,41	0,011	13,88	121,86	125,64	119594,18
Total	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Significativo a 5% de probabilidade. ^{1/}Ângulo terço inferior= ângulo do terço inferior do caule de soja; Ângulo terço médio= ângulo do terço médio do caule de soja; Vagens/Planta= número de vagens por planta; Grãos/Planta= número de grãos por planta.

Anexo 3. Resumo da análise de variância das variáveis-resposta mensuradas após a aplicação de diferentes doses de lactofen na soja nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, experimento realizado em Ivaiporã-PR, ano 2013/2014.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado Médio																					
		Injúria (%)						Altura (cm)						Iluminância			Diam	Grão/Vagem	Vagens/Planta	Grãos/Planta	N. Ramos	Mil Grãos	Prod.
		7A ¹	14A	21A 7B	28A 14B 7C	35A 21B 14C	42A 28B 21C	14A	21A 7B	35A 21B 14C	42A 28B 21C	Pré Colh	42A 28B 21C	63A 49B 42C									
Estádio	2	4620,38*	1283,34*	5350,34*	3034,41*	1251,66*	404,76*	295,88*	170,11*	181,82*	542,04*	135,31	269023*	199426	0,446	0,065*	43,54	488,89	0,489	36,80	202513*		
Dose	3	143,24*	73,51*	267,03*	607,61*	338,01*	140,46*	33,05*	34,94	25,17	76,36	34,11	254806*	34572	0,232	0,002	32,22	175,17	1,094	49,92	6557		
Estádio*Dose	6	143,24*	73,51*	120,33*	81,70*	57,57*	26,20*	10,20	29,95	35,01	38,71	13,85	72883	72871	0,205	0,007	13,57	67,17	0,483	78,05	25845		
Dose/EstádioV3V4	(3)	429,71	220,53	47,61	16,86	4,92	1,70	37,40	29,35	11,49	10,23	9,99	207834	20075	0,058	0,002	16,21	102,25	1,532	32,94	1464		
Linear	1	1288,22*	660,16*	142,51*	47,31*	14,40	4,56	84,10*	51,87	0,01	17,96	10,46	596584*	43559	0,018	0,003	22,65	172,02	2,068	0,01	1202		
Quadrática	1	0,50	0,03	0,28	2,53	0,13	0,03	16,53	8,71	11,88	11,28	13,39	26641	8449	0,140	0,002	21,91	117,96	0,001	95,74	829		
Desvio da Regressão	1	0,40	1,41	0,06	0,76	0,23	0,51	11,56	27,47	22,57	1,44	6,12	276	8218	0,017	0,0002	4,06	16,77	1,035	3,08	2362		
Dose/EstádioV7V8	(3)	-	-	460,08	320,38	171,86	63,58	13,23	50,72	31,70	107,01	46,84	175837	87235	0,313	0,003	31,32	173,89	0,482	121,73	26035		
Linear	1	-	-	1357,23*	960,40*	500,56*	176,40*	12,21	132,86*	93,18*	235,46*	137,64	344103*	126749	0,918	0,002	44,63	295,80	0,819	22,51	66132		
Quadrática	1	-	-	6,13	0,50	0,03	10,13	22,45	19,22	1,58	28,31	1,12	133474	12668	0,007	0,003	0,38	0,35	0,389	30,95	11688		
Desvio da Regressão	1	-	-	16,90	0,23	15,01	4,23	5,04	0,81	0,33	57,24	1,76	49935	122287	0,013	0,004	48,95	225,51	0,236	311,73	286		
Dose/EstádioR1R2	(3)	-	-	-	433,78	276,38	127,58	2,82	14,77	52,00	36,54	4,97	16902	73004	0,270	0,009	11,82	34,36	0,543	51,35	30747		
Linear	1	-	-	-	1271,26*	819,03*	354,03*	4,94	27,23	0,00	21,76	0,18	20325	140027	0,041	0,016	18,87	45,57	0,492	61,62	50026		
Quadrática	1	-	-	-	30,03	2,00	24,50	0,02	13,79	129,61*	63,85	1,62	28204	37813	0,015	0,007	5,18	6,62	0,001	76,35	3188		
Desvio da Regressão	1	-	-	-	0,06	8,10	4,23	3,51	3,31	26,40	24,03	13,11	2175	41173	0,755	0,003	11,43	50,88	1,684	16,84	39025		
Bloco	7	4,19	2,21	7,89	14,41	17,47	2,58	4,76	34,54	4,46	126,29	124,64	444100	6657642	0,290	0,009	78,05	415,85	0,281	21,95	86413		
Fatorial vs Test. adicional	1	283,67*	22,89*	445,93*	1059,70*	447,12*	144,73*	6,72	2,70	9,19	94,60	15,53	579097*	2,57	0,459	0,010	12,88	135,76	1,021	42,70	5,82		
(Tratamentos)	12	907,11	277,25	1074,55	803,49	359,16	127,74	62,90	60,58	66,95	142,87	44,62	205961	99118	0,256	0,015	25,52	172,60	0,646	57,84	68428		
Resíduo	84	182,40	2,14	4,74	8,36	5,21	4,04	8,43	23,09	18,77	53,77	52,78	81795	614217	0,196	0,007	51,07	332,76	0,651	49,92	38290		
Total	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

*Significativo a 5% de probabilidade. ¹7A= 7 DAA-A; 14A= 14 DAA-A; 21A= 21 DAA-A; 28A= 28 DAA-A; 35A= 35 DAA-A; 42A= 42 DAA-A; 63A= 63 DAA-A; 7B=07 DAA-B; 14B= 14 DAA-B; 21B= 21 DAA-B; 28B= 28 DAA-B; 49B= 49 DAA-B; 7C= 7 DAA-C; 14C= 14 DAA-C; 21C=21 DAA-C; 42C= 42 DAA-C; Pré Colh= pré colheita; IAF= índice de área foliar; Ilum= Iluminância (lúmens m⁻²); Diam= diâmetro entre os nós V5 e V6 (mm); Vagens/Planta= número de vagens por planta; Grãos/Planta= número de grãos por planta; N. ramos= número de ramos produtivos por planta; Mil Grãos= massa de mil grãos (g) e; Prod.= Produtividade (kg ha⁻¹).

Tabela 3.4. Resumo da análise de variância das variáveis-resposta mensuradas após a aplicação de diferentes doses de lactofen na soja nos estádios V3/V4, V6/V7 e R1/R2, experimento realizado em Maringá-PR, ano 2013/2014.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado Médio																					
		Injúria (%)						Altura (cm)					Illum		Área		Diam	Grão/Vagem	Vagens/Planta	Grãos/Planta	N. Ramos	Mil Grãos	Prod.
		7A ^{1/}	14A	21A 7B	28A 14B 7C	35A 21B 14C	42A 28B 21C	14A	21A 7B	35A 21B 14C	42A 28B 21C	Pré Colh	42A 28B 21C	42A 28B 21C									
Estádio	2	5460,17*	943,76*	5646,17*	3068,84*	1686,22*	560,51*	187,02*	33,73	330,02*	192,93	470,50*	5868199*	338502*	1,855*	0,048*	170,69	1544,90*	0,21	539,23	1155364*		
Dose	3	224,44*	62,43*	232,00*	601,93*	427,07*	103,12*	9,13	23,82	69,80	40,59	85,78	1139447*	104311	0,485*	0,001	42,61	250,64	0,02	65,20	50636		
Estádio*Dose	6	224,44*	62,43*	66,33*	62,93*	99,23*	23,75*	3,34	11,69	9,25	34,49	52,16	96929	16847	0,406*	0,013	48,47	372,60	0,58	311,32	46580		
Dose/EstádioV3V4	(3)	673,33	187,28	117,00	45,88	9,75	2,12	7,58	36,12	18,07	2,48	68,78	230380	34050	0,205	0,012	18,41	164,55	0,43	255,21	185		
Linear	1	2016,40*	543,91*	348,10*	136,90*	22,50	6,01	15,12	98,44	47,74	5,55	2,45	677729	70342	0,389	0,030	26,35	355,24	0,37	3,28	6,50		
Quadrática	1	0,0	5,28	2,00	0,50	1,13	0,03	7,13	3,71	3,65	1,20	51,01	5001	4204	0,210	0,001	26,15	125,08	0,26	730,58	522,37		
Desvio da Regressão	1	3,60	12,66	0,90	0,23	5,63	0,31	0,49	6,20	2,81	0,70	152,88	8410	27605	0,015	0,005	2,74	13,34	0,67	31,77	26,12		
Dose/EstádioV7V8	(3)	-	-	247,67	183,46	139,03	26,46	2,48	10,09	36,61	75,52	72,36	211821	46548	0,445	0,003	31,39	180,27	0,43	172,99	33163		
Linear	1	-	-	722,50*	540,23*	393,76*	75,63*	0,13	20,66	81,09	7,23	0,90	628343	89015	1,262	0,007	40,46	317,02	1,01	124,43	23507		
Quadrática	1	-	-	18,00	1,13	16,53	3,13	0,97	0,34	1,76	123,25	215,28	272	5695	0,002	0,001	28,98	127,14	0,23	320,68	48394		
Desvio da Regressão	1	-	-	2,50	9,03	6,81	0,63	6,32	9,26	26,98	96,10	0,90	6847	44934	0,069	0,001	24,74	96,66	0,04	73,85	27589		
Dose/EstádioR1R2	(3)	-	-	-	498,45	476,75	122,04	5,75	1,00	33,63	31,58	48,96	891105	57407	0,648	0,012	89,74	651,02	0,32	259,65	110448		
Linear	1	-	-	-	1410,16*	1368,90*	360,00*	10,50	0,03	80,23	52,10	145,16	2398558*	142039	1,478*	0,033*	200,58	1510,29	0,02	245,27	259899		
Quadrática	1	-	-	-	2,53	15,13	0,50	4,71	1,36	2,37	20,96	1,62	162925	7152	0,336	0,001	0,31	4,83	0,46	496,91	69087		
Desvio da Regressão	1	-	-	-	82,66	46,23	5,63	2,03	1,60	18,29	21,68	0,11	111832	23030	0,129	0,002	68,35	437,94	0,47	36,77	2357		
Bloco	7	5,56	4,39	6,33	2,91	6,57	4,54	20,10	33,03	117,56	217,00	216,68	3219860	93222	0,025	0,031	52,35	526,20	0,71	2408,61	422930		
Fatorial vs Test. adicional	1	231,06*	10,60	553,33	1093,13*	375,98*	154,42*	44,09	92,19	89,92	15,26	4,62	2802500*	133736	<0,01	<0,01	35,51	169,05	0,06	121,56	220750		
(Tratamentos)	12	1113,36	210,16	1098,97	808,18	478,99	143,94	37,29	17,87	83,24	62,78	128,24	1527773	106165	0,676	0,015	63,46	507,18	0,33	371,18	215656		
Resíduo	84	3,05	3,35	10,53	11,15	8,54	4,92	12,36	38,43	27,43	77,77	68,62	179539	51573	0,159	0,008	66,75	448,54	0,63	1561,72	71663		
Total	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

*Significativo a 5% de probabilidade. ^{1/}7A= 7 DAA-A; 14A= 14 DAA-A; 21A= 21 DAA-A; 28A= 28 DAA-A; 35A= 35 DAA-A; 42A= 42 DAA-A; 63A= 63 DAA-A; 7B=07 DAA-B; 14B= 14 DAA-B; 21B= 21 DAA-B; 28B= 28 DAA-B; 49B= 49 DAA-B; 7C= 7 DAA-C; 14C= 14 DAA-C; 21C=21 DAA-C; 42C= 42 DAA-C; Pré Colh= pré colheita; IAF= índice de área foliar; Illum= Iluminância (lúmens m⁻²); Diam= diâmetro entre os nós V5 e V6 (mm); Vagens/Planta= número de vagens por planta; Grãos/Planta= número de grãos por planta; N. ramos= número de ramos produtivos por planta; Mil Grãos= massa de mil grãos (g) e; Prod.= Produtividade (kg ha⁻¹).