



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**USO DE CARFENTRAZONE E DIQUAT NA DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA
DA SOJA**

CAROLINE LEMES DA SILVA

UBERLÂNDIA-MG
2021

CAROLINE LEMES DA SILVA

**USO DE CARFENTRAZONE E DIQUAT NA DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA
DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo A. Rodrigues da Cunha

Coorientador: Dr. Luciano Ferreira da Fonseca

UBERLÂNDIA-MG
2021

CAROLINE LEMES DA SILVA

**USO DE CARFENTRAZONE E DIQUAT NA DESSECAÇÃO EM PRÉ-COLHEITA
DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia para obtenção do grau de Engenheira
Agrônoma.

Aprovado pela banca examinadora em 16 de junho de 2021.

Eng. Agrônomo Marcos de Paula Basílio
Membro da banca

Dr. Luciano Ferreira da Fonseca
Coorientador

Prof. Dr. João Paulo A. Rodrigues da Cunha
Orientador

UBERLÂNDIA-MG
2021

*Aos meus pais, Bolivar e Renata, por me ensinarem o valor da
família e por serem os maiores incentivadores para as
realizações dos meus sonhos.
Aos meus irmãos, Guilherme Lucas e Geovana, por me
completarem e serem meu apoio.*

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, pelas bençãos a mim direcionadas, e por ser meu socorro nas horas de angústia e dificuldade.

Aos meus pais por estarem sempre ao meu lado e por serem os motivadores de todas as minhas conquistas. Meu amor por vocês é incondicional!

Ao meu namorado Matheus R. Gilli por ser meu amigo, meu incentivador e, principalmente meu apoio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Paulo A. Rodrigues da Cunha, pela oportunidade de realizar esse trabalho e por estar sempre disposto a compartilhar todo o seu vasto conhecimento.

Ao meu coorientador, Dr. Luciano Ferreira da Fonseca, por todo o apoio na realização deste trabalho.

À empresa FMC Química do Brasil Ltda por toda a estrutura.

A todos os professores do curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia por construírem a profissional que me tornei.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Agronomia pelas amizades e, crescimento pessoal e profissional.

Meu muito obrigada a todos vocês!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

A soja [*Glycine max* (L). Merrill] é uma leguminosa de origem asiática de imensurável importância econômica e alimentar em todo o mundo, além de ser considerada a principal *commodity* agrícola brasileira. Uma das etapas mais importantes no ciclo produtivo dessa cultura e que preocupa os sojicultores é a colheita e sua época ideal para ocorrer. A fim de acelerar essa etapa e uniformizar a maturação dos grãos, produtores de todo o Brasil tem optado por fazer a dessecação pré-colheita da soja. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência dos herbicidas carfentrazone e diquat, associados ou não, como alternativas ao uso de paraquat no processo de dessecação em pré-colheita da soja. O ensaio foi conduzido no município de Uberlândia (MG) na safra 2020/21. O delineamento foi de blocos casualizados e contou com 12 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: carfentrazone isoladamente nas doses 50, 75 e 100 mL ha⁻¹; diquat também isolado nas doses 1000, 1200, 1500 e 2000 mL ha⁻¹; e quatro associações entre esses dois herbicidas (50+1000, 75+1000, 50+1200, 75+1200 mL ha⁻¹). A aplicação dos produtos ocorreu no estágio R7.2 e as variáveis analisadas foram porcentagem de desfolha, dessecação de vagens, impureza, umidade, massa de mil grãos e produtividade. Com os resultados foi possível concluir que o diquat proporcionou uma desfolha mais precoce em todos os tratamentos em que esteve presente, adiantando a mesma em no mínimo 9 dias quando comparado aos outros tratamentos. Além disso, esse produto causou uma queda na massa de mil grãos dos tratamentos em que esteve presente; e, com exceção de duas associações (50+1000 e 75+1200 mL ha⁻¹), também ocasionou uma queda na produtividade. Aos 14 DAA todos os tratamentos contendo diquat, assim como o carfentrazone de forma isolada na dose 100 mL ha⁻¹, apresentaram as melhores médias para a dessecação de vagens. Quanto a variável impureza, a mesma não foi significativa no teste de F a uma probabilidade de 5%. Não houve diferença estatística entre os tratamentos testados e a testemunha quanto à umidade dos grãos. E, o carfentrazone isoladamente não afetou a produtividade e proporcionou a uniformidade na colheita aos 14 DAA.

Palavras-chave: Carfentrazone. Diquat. Dessecação pré-colheita.

ABSTRACT

Soybean [*Glycine max* (L). Merrill] is a legume of Asian origin of immeasurable economic and food importance throughout the world, in addition to being considered the main Brazilian agricultural commodity. One of the most important stages in the production cycle of this crop, which concerns soybean growers, is the harvest and its ideal time to occur. In order to accelerate this stage and standardize the maturation of grains, producers throughout Brazil have opted for pre-harvest desiccation of soybeans. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of carfentrazone and diquat herbicides, associated or not, as alternatives to the use of paraquat in the pre-harvest desiccation process of soybean. The trial was conducted in the municipality of Uberlândia (MG) in the 2020/21 season. The design was randomized blocks and had 12 treatments and 4 replications. The treatments were: carfentrazone alone at doses 50, 75 and 100 mL ha⁻¹; diquat also isolated at doses 1000, 1200, 1500 and 2000 mL ha⁻¹; and four associations between these two herbicides (50+1000, 75+1000, 50+1200, 75+1200 mL ha⁻¹). The application of the products occurred at stage R7.2 and the variables analyzed were percentage of defoliation, pod desiccation, impurity, moisture, mass of a thousand grains and yield. With the results, it was possible to conclude that diquat provided an earlier defoliation in all treatments in which it was present, advancing it by at least 9 days when compared to other treatments. In addition, this product caused a drop in the mass of a thousand grains in the treatments in which it was present; and, with the exception of two associations (50+1000 and 75+1200 mL ha⁻¹), it also caused a drop in productivity. At 14 DAF, all treatments containing diquat, as well as carfentrazone alone at a dose of 100 mL ha⁻¹, presented the best means for desiccation of pods. As for the impurity variable, it was not significant in the F test at a probability of 5%. There was no statistical difference between the tested treatments and the control regarding grain moisture. And, carfentrazone alone did not affect yield and provided uniformity in harvest at 14 DAF.

Keywords: Carfentrazone. Diquat. Pre-harvest desiccation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Modificações nas características fisiológicas de sementes durante o processo de maturação.....	14
Figura 2. Esquema em “Z” da fotofosforilação acíclica da fotossíntese.....	16
Figura 3. Esquema do mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). Na imagem: a. representa a reação de conversão do protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX; b. representa a presença do herbicida e inibição competitiva da Protox; c. Difusão do protoporfirinogênio-IX acumulado para fora do citoplasma; d. Oxidação do protoporfirinogênio-IX a protoporfirina-IX; e. Protoporfirina-IX impedida de retornar ao cloroplasto; f. Formação de oxigênio singlete, peroxidação dos lipídeos e necrose da célula.	17
Figura 4. Escala diagramática para estimativa de desfolha na soja.....	21
Figura 5. Escala evolutiva de dessecação das vagens de soja.	21
Figura 6. Registro fotográfico da avaliação dos tratamentos: A) 1 (testemunha), B) 4 (carfentrazone na dose de 100 mL ha ⁻¹), C) 8 (diquat na dose de 2000 mL ha ⁻¹) e D) 12 (carfentrazone na dose 75 mL ha ⁻¹ associado ao diquat na dose de 1200 mL ha ⁻¹) aos 3 DAA.	23
Figura 7. Registro fotográfico da avaliação dos tratamentos: A) 1 (testemunha), B) 4 (carfentrazone na dose de 100 mL ha ⁻¹), C) 8 (diquat na dose de 2000 mL ha ⁻¹) e D) 12 (carfentrazone na dose 75 mL ha ⁻¹ associado ao diquat na dose de 1200 mL ha ⁻¹) aos 7 DAA.	25
Figura 8. Precipitações (mm) registradas no posto meteorológico da estação de pesquisas Genetic Seeds and Biocontrol durante os 14 dias após a aplicação (DAA) dos produtos, safra 2020/21. Uberlândia, MG.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Manutenções realizadas durante o ciclo da soja avaliada no ensaio de dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.	18
Tabela 2. Descrição dos tratamentos usados na dessecação pré-colheita da soja, safra 2020/21. Uberlândia, MG.	19
Tabela 3. Condições edafoclimáticas do momento da aplicação dos herbicidas usados na dessecação pré-colheita da soja, safra 2020/21. Uberlândia, MG.	20
Tabela 4. Porcentagem de desfolha das plantas de soja em função da dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.	23
Tabela 5. Dessecação das vagens (%) de soja em função da dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.	24
Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) de impureza na soja colhida no ensaio de dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.	26
Tabela 7. Umidade dos grãos, produtividade e massa de mil grãos em função da soja dessecada em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Cultura da soja.....	12
2.1.1 Dessecação em pré-colheita da soja	13
2.2 Diquat	15
2.3 Carfentrazone.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Porcentagem de desfolha.....	22
4.2 Dessecação das vagens	24
4.3 Impureza	25
4.4 Umidade dos grãos	26
4.5 Produtividade.....	27
4.6 Massa de Mil Grãos.....	28
5. CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L). Merrill] é uma leguminosa de origem asiática de imensurável importância econômica e alimentar em todo o mundo (ANDERLE; GUIMARÃES; KAWAKAMI, 2021), além de ser considerada a principal *commodity* agrícola brasileira. Atualmente, o Brasil é o maior exportador e produtor desses grãos (124, 8 milhões de toneladas), o que reforça o protagonismo do país no mercado internacional (CONAB, 2020). Já no mercado interno a região Centro-Oeste lidera como maior produtora e, dentro dela, o estado do Mato Grosso se destaca nacionalmente com uma produção de mais de 35,8 milhões de toneladas, fazendo com que a soja tenha uma participação de 55% do Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) do estado (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico - SEDEC, 2021).

A importância da soja se dá pela diversidade de usos e aplicações dos seus grãos, podendo os mesmos serem direcionados para os setores farmacêutico, estético, alimentício e muitos outros, porém, a maioria da produção de soja é destinada para a fabricação de biodiesel e farelo. Por conta da abundância e disponibilidade da soja no país, o óleo da mesma se tornou a principal matéria-prima do biodiesel, representando mais de 80% da demanda total da fabricação desse combustível. Já o farelo, juntamente com o milho, são componentes da ração de animais de produção (APROSOJA, 2018) fazendo com que a soja esteja diretamente relacionada ao mercado de proteína animal sendo, portanto, muito importante também na conquista da segurança alimentar.

Uma das etapas mais importantes no ciclo produtivo da soja e que preocupa os sojicultores é a colheita e sua época ideal para ocorrer. A colheita é indicada quando a planta se encontra em estado de maturidade fisiológica, ou seja, quando a ligação entre os grãos e a planta-mãe é apenas física. Entretanto, nessa fase, a umidade dos grãos ainda é próxima a 55% o que inviabiliza a colheita mecanizada. Nesse caso, a opção é optar por deixar as plantas em campo para que haja naturalmente a perda de umidade dos grãos. Porém, essa exposição aos agentes climáticos, fitopatológicos e entomológicos (PLACIDO, 2020) pode acarretar grandes perdas na produtividade e qualidade do produto, sobretudo se a área plantada tiver como fim a produção de sementes. Quanto a influência das condições climáticas, Tsukahara e colaboradores (2016), por exemplo, descobriram em seu trabalho que as maiores perdas acumuladas na produtividade ocorreram em locais com alta frequência de precipitações, e com temperaturas e radiação solar elevadas.

Afim de minimizar os problemas citados anteriormente, uniformizar a maturação das plantas e acelerar o plantio para produtores adeptos à segunda safra, sojicultores de todo o Brasil tem optado por realizarem a dessecação em pré-colheita da soja, sendo esta caracterizada pela aplicação de produtos, geralmente de contato, que aceleram a dessecação da planta e, consequentemente a perda de umidade dos grãos. Contudo, um dos principais passos da dessecação é a escolha correta do *timing* de aplicação desses produtos já que uma dessecação muito antecipada pode promover altas perdas nos rendimentos (LAMEGO, 2013; INOUE et al., 2012). Assim, de acordo com os resultados de De Araujo et. al (2018) e as práticas adotadas em campo, o mais indicado é que a dessecação ocorra a partir do estágio R7.2, sendo este caracterizado pelo amarelecimento de folhas e vagens entre 50 a 75% segundo a escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977).

Até 2020 o ingrediente ativo mais usado e eficaz nas aplicações com objetivo de dessecação pré-colheita da soja era o paraquat (Inibidor do Fotossistema I), sendo usado tanto em área com destinação para grãos tanto para campos de sementes, já que trabalhos mostraram que seu uso não afeta aspectos fisiológicos como a germinação das mesmas e o vigor de plântulas (WHIGHAM; STOLLER, 1979). Entretanto, o fato dos produtos à base de paraquat serem classificados como extremamente tóxicos e os mesmos não possuírem antídotos em caso de contaminação, fez com que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) decidisse pela proibição da produção, importação, comercialização e uso desses produtos no Brasil. Assim, atualmente, um dos maiores problemas para os profissionais da área têm sido a busca por produtos alternativos ao paraquat e seu devido posicionamento na dessecação pré-colheita da soja.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos herbicidas carfentrazone e diquat, associados ou não, como alternativas ao uso de paraquat no processo de dessecação em pré-colheita da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L). Merrill], principal aleuro-oleaginosa cultivada no mundo, é originária do leste asiático tendo, provavelmente, seu centro de origem situado no norte da China (DALL'AGNOL, 2007). A planta originalmente rasteira já era explorada nessa região há mais de cinco mil anos exercendo papel fundamental na dieta dos habitantes locais. Apesar de toda essa importância a soja só foi introduzida no Ocidente no século XIX, sendo relatada pela primeira vez em 1804, no Estado da Pensilvânia nos Estados Unidos (EUA). Esse mesmo país

foi o responsável pelo início da exploração comercial da soja no século XX quando passou a empregá-la como forrageira e, posteriormente como grão (BONATO, 1987).

O primeiro contato da soja com as áreas brasileiras foi na Bahia em 1882 e totalmente insatisfatório já que os materiais genéticos que eram originários dos EUA se mostraram incapazes de se adaptar à região. Após outras tentativas falhas a soja foi testada no Rio Grande do Sul que, por possuir condições climáticas similares às encontradas na região de origem dos materiais, apresentou resultados melhores em comparação às tentativas de cultivos anteriores. Porém, assim como nos Estados Unidos, os primeiros estudos com a soja eram direcionados a avaliar seu desempenho como uma planta forrageira e não como uma potencial produtora de grãos (DALL'AGNOL, 2007).

Esse pensamento a respeito da leguminosa se manteve até a década de 1950 onde a soja continuava sendo subestimada, entretanto, em 1960 a mesma teve um crescimento tecnológico exponencial e histórico fazendo com que 20 anos depois a soja se tornasse a cultura mais importante do agronegócio brasileiro (DALL'AGNOL, 2007). Na safra 2019/20 a produção do Brasil ultrapassou a marca de 124 milhões de toneladas (CONAB, 2020) e a participação do país em relação à exportação mundial da soja foi de 50,2% (CAMPEÃO; SANCHES; MACIEL, 2020), fatos esses que elevaram o Brasil aos patamares de maior produtor e exportador de soja a nível mundial. Já em relação à área plantada, o país apresentou nessa mesma safra mais de 36,5 milhões de hectares direcionados a produção dessa *commodity* (CONAB, 2020).

A produção da soja pode ser direcionada para vários setores, como farmacêutico, indústrias de cosméticos, produção de alimentos e bebidas para pessoas com intolerância à lactose, entre outros, porém, seu uso mais expressivo é voltado para a produção de farelo e óleo. Segundo a Aprosoja (2018) atualmente 80% do farelo de soja é destinado para compor as rações de animais de produção, fazendo com que a soja seja indispensável nos mercados de carne, leite e ovos. Já 15% da soja colhida é direcionada para a produção de óleo, onde 70% dessa quantidade é destinada para a fabricação de biodiesel.

2.1.1 Dessecação em pré-colheita da soja

Os sojicultores, a fim de alcançar produtividade e qualidade cada vez mais altas em suas lavouras têm adotado inúmeros cuidados no ciclo de produção da soja (PLACIDO, 2020). Uma das etapas compreendidas nesse ciclo e que devido às perdas de rentabilidade desperta muita preocupação nos produtores, é a colheita. Na prática, a colheita da soja só pode ser realizada quando a planta se apresenta em estado de maturidade fisiológica, sendo esta caracterizada pelo

“desmame” da semente na vagem, ou seja, quando já não há transporte de água e nutrientes da planta-mãe para as sementes e, a ligação entre elas se torna apenas física. Além disso, nessa fase a semente se encontra com o máximo teor de matéria seca e com as melhores condições fisiológicas (Figura 1), porém, ainda possui cerca de 55% de umidade e a planta se apresenta com hastes e folhas verdes, o que impede a colheita mecanizada.

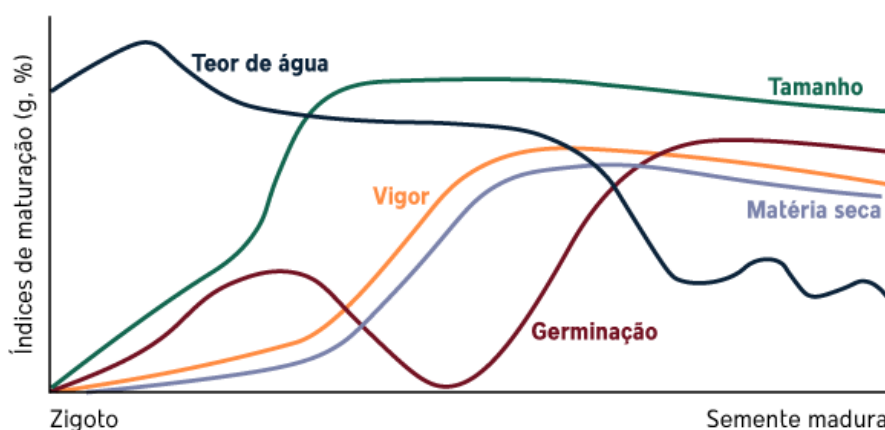


Figura 1. Modificações nas características fisiológicas de sementes durante o processo de maturação.

Fonte: DIAS, 2001.

Com o objetivo de minimizar o metabolismo celular e impedir que a semente ainda ligada à planta-mãe germine, fenômeno conhecido como viviparidade, a soja aciona mecanismos que aceleram a perda de água. Com isso, as mesmas amarelam e começam um processo de secagem que culmina em uma redução no tamanho das sementes e em uma coloração do hilo diferente em relação ao tegumento (DIAS, 2001). Entretanto, esse tempo de espera no campo pode expor as sementes às adversidades climáticas, às doenças e também às pragas (PLACIDO, 2020), sendo esses prejuízos ainda maiores considerando um campo de produção de sementes, já que essa exposição pode afetar negativamente os aspectos fisiológicos das mesmas. Outro problema causado pela extensa permanência no campo é a secagem excessiva que promove a deiscência das vagens e danos mecânicos, resultantes do processo de colheita, nas sementes.

Considerando todos os riscos envolvidos muitos produtores têm adotado a escolha de fazer uma dessecação no período pré-colheita da soja que consiste na aplicação de um herbicida, geralmente de contato, que será responsável pela necrose das folhas e posteriormente sua queda. Essa resposta do herbicida além de minimizar os problemas anteriormente citados também age no controle de plantas infestantes presentes no local e na uniformidade da maturação de

toda a área, o que permite uma colheita antecipada e consequentemente um plantio de segunda safra mais propício ao desenvolvimento da cultura implantada (PINTO, 2017).

O maior impasse encontrado pelos sojicultores em relação à dessecação pré-colheita é o estágio correto para aplicação do produto, já que uma antecipação dessa operação pode gerar grandes perdas tanto na produtividade da soja quanto na qualidade fisiológica das sementes. De acordo com os resultados encontrados por Lamego (2013) a dessecação feita no estágio R6 (planta com vagens com granação de 100% e folhas verdes) proporcionou uma queda de 35% nos rendimentos e, em R7.1 (início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens), a redução foi de 13% quando comparada à testemunha. Dessa forma, os profissionais da área têm aconselhado os produtores a realizarem a dessecação a partir do estágio R7.2, caracterizado pelo amarelecimento de folhas e vagens entre 50 a 75% de acordo com a escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977).

2.2 Diquat

Assim como o paraquat (RETZINGER JR; MALLORY-SMITH, 1997), o diquat é classificado como um inibidor do Fotossistema I na etapa fotoquímica do processo de fotossíntese. De acordo com o Comitê de Ação à Resistência aos Herbicidas (HRAC-BR) esse ingrediente ativo se encontra no grupo D, que são ingredientes caracterizados por promoverem o desvio de elétrons. Além disso, o diquat pertence ao grupo químico Bipiridíliuns e é derivado de amônia quaternária. As principais características desse produto são a alta solubilidade em água, a rápida adsorção pelos colóides do solo que permite que seja feito o sistema aplique e plante, a acelerada absorção nas folhas por conta de sua passagem rápida pela cutícula, ação mais rápida na presença de luz e a não seletividade e translocação em relação ao alvo. Todas essas características limitam o uso de inibidores de fotossistema I à pós-emergência das plantas infestantes.

O sítio de ação do diquat se encontra muito próximo à ferredoxina que é o últimoceptor de elétrons da fotofosforilação acíclica da fotossíntese (Figura 2), ou seja, essa proteína é responsável por intermediar a transferência de elétrons que permite a redução da enzima NADP^+ a NADPH. O fato de o herbicida possuir potencial redox de -446mV lhe dá vantagens competitivas fazendo com que ele substitua a ferredoxina e atue comoceptor desses elétrons (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008). O que ocorre é que além de impedir as reações dependentes da ferredoxina, o radical livre formado pela molécula de herbicida com o elétron por ele interceptado se torna muito instável e sofre uma rápida oxidação. Essa reação produz superóxidos (ânions O_2^-) que se dismutam e formam peróxidos de hidrogênio que, ao reagirem

com o magnésio (Mg), produzem radicais hidroxil. Esse composto tem a capacidade de fazer a peroxidação dos lipídeos, o que causa uma rápida degradação da membrana e, consequentemente, o extravasamento do conteúdo celular. Por conta disso, esses locais em contato com o herbicida inicialmente se tornam lesões cloróticas e necrosam, causando a morte da planta em 1 ou 2 dias após a aplicação. Assim é possível concluir que diferentemente dos inibidores de Fotossistema II, o diquat atua desviando o fluxo de elétrons e não o bloqueando.

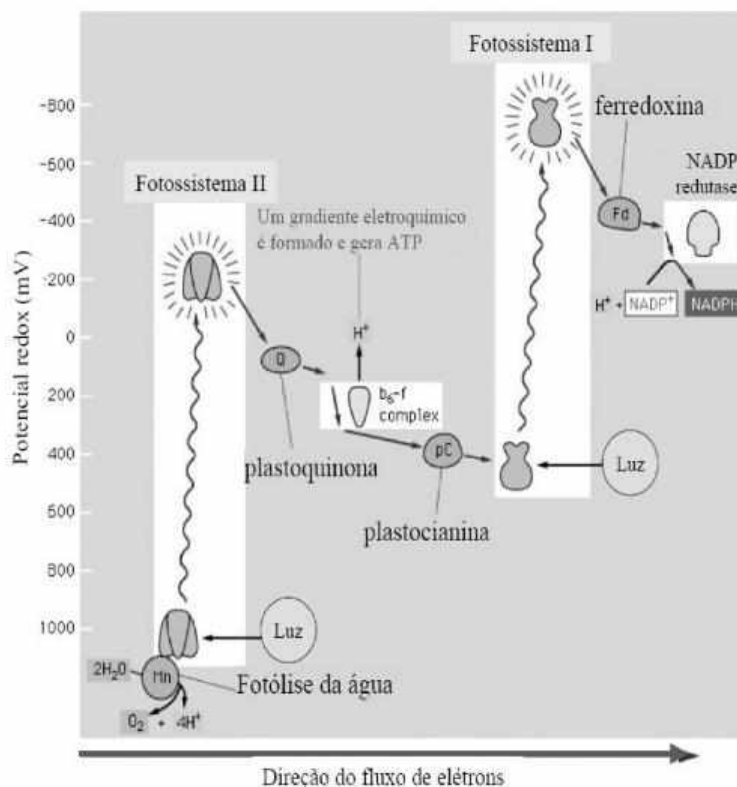


Figura 2. Esquema em “Z” da fotofosforilação acíclica da fotossíntese.

Fonte: VIEIRA, 2010.

2.3 Carfentrazone

O carfentrazone é um ingrediente ativo pertencente ao grupo químico das Triazolinonas que tem como modo de ação a inibição da enzima Protoporfirinogênio Oxidase (PROTOX), o que o enquadra dentro do grupo E segundo a classificação do HRAC-BR. As principais características desse herbicida são: a baixa ou nenhuma translocação no alvo, o que justifica a necessidade de uma boa cobertura nas aplicações; a necessidade de luz para serem ativados; a elevada sorção à matéria orgânica que inviabiliza a incorporação desse produto no solo; e o fato de serem absorvidos pelas folhas, raízes ou caules de plantas jovens. Além disso, o

carfentrazone deve ser aplicado em pós-emergência das plantas infestantes, causando a morte das mesmas em até 2 dias.

A PROTOX é uma enzima presente nos cloroplastos das folhas que tem por função realizar a oxidação do Protoporfirinogênio-IX em Protoporfirina-IX na rota da síntese de clorofila e de grupamentos heme (Figura 3). Esses grupamentos são constituintes dos citocromos, sendo esses, responsáveis por realizarem a transferência de elétrons e produzir ATP na fotofosforilação cíclica e acíclica (Figura 2) no processo de fotossíntese. Dessa forma, os herbicidas inibidores da PROTOX atuam não somente impedindo a síntese de clorofila e citocromos, como também causam o acúmulo de Protoporfirinogênio-IX no cloroplasto. Esse composto é então deslocado do centro de reação para o citoplasma celular onde ocorre uma oxidação não enzimática que leva à formação de Protoporfirina-IX. Essa protoporfirina possui característica fotodinâmica e natureza lipofílica que a impede de retornar ao cloroplasto. Assim, na presença de luz, ela interage com o oxigênio transformando-o em oxigênio singlete, responsável pela peroxidação de lipídeos e consequentemente pelo rompimento da membrana que resulta em extravasamento celular e, posteriormente, na morte do alvo (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

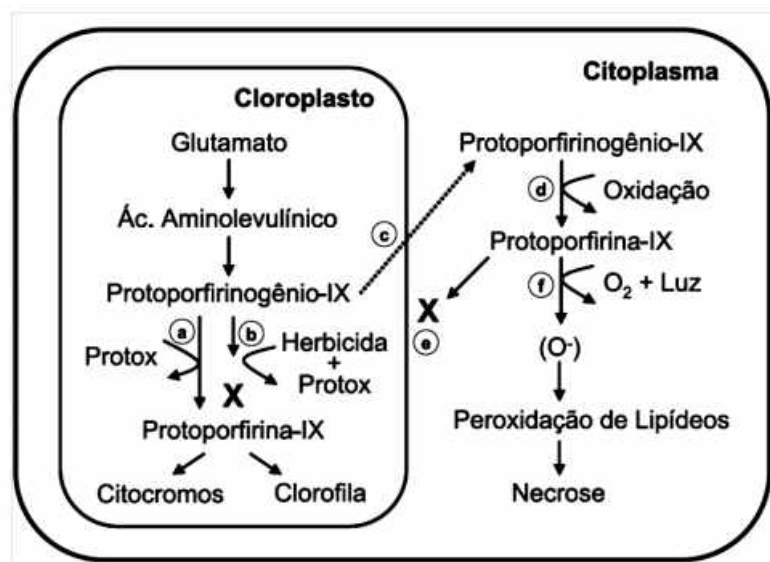


Figura 3. Esquema do mecanismo de ação dos herbicidas inibidores da protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). Na imagem: a. representa a reação de conversão do protoporfirinogênio-IX em protoporfirina-IX; b. representa a presença do herbicida e inibição competitiva da Protox; c. Difusão do protoporfirinogênio-IX acumulado para fora do citoplasma; d. Oxidação do protoporfirinogênio-IX a protoporfirina-IX; e. Protoporfirina-IX impedida de retornar ao cloroplasto; f. Formação de oxigênio singlete, peroxidação dos lipídeos e necrose da célula.

Fonte: GONÇALVES (2013).

Os sintomas causados pelos herbicidas desse grupo são semelhantes aos encontrados pelos herbicidas bipiridílicos (Inibidores do Fotossistema I), já que em ambos os casos ocorrem a degradação da membrana celular, porém, no segundo caso o aparecimento dos sintomas ocorre mais rapidamente. Assim, dentro de algumas horas após a aplicação é possível observar lesões cloróticas, murcha e necrose no local atingido.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na safra 2020/21 na estação de pesquisas GeneticSeeds and Biocontrol, localizada no km 609 da rodovia BR 365, no município de Uberlândia (MG). A área do experimento está situada a uma altitude de 917 m e coordenadas 18°54'05,5" S e 48°09'42,7" O. De acordo com a classificação de Köppen e Geiger (1930), o clima em Uberlândia-MG é classificado como Aw, onde a temperatura e pluviosidade média anual são de 22,6 °C e 1507 mm (PETRUCCI, 2018), respectivamente. Já o solo do local possui textura argilosa e é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) de acordo com a classificação de solos proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013).

A semeadura da soja ocorreu no sistema de plantio direto no dia 28 de outubro de 2020, sendo a emergência constatada seis dias depois. A profundidade de semeadura foi 3 cm e o espaçamento entre linhas foi de 0,5 m. A cultivar escolhida foi a HO IGUAÇU IPRO, com PMS de 180g, hábito indeterminado, e a população foi de 320.000 plantas por hectare. A adubação na semeadura foi com o formulado 04-14-08 na dose de 298 kg ha⁻¹ e as manutenções realizadas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Manutenções realizadas durante o ciclo da soja avaliada no ensaio de dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Classe	Ingrediente ativo	Dose p.c. (L ha ⁻¹ / kg ha ⁻¹)	Estádio da cultura
Herbicida	Glifosato	3,0	V3
Fungicida	Flutriafol + Carbendazim	0,6	V8
Fungicida	Trifloxistrobina + Protiocanazol	0,4	R1
Fungicida	Trifloxistrobina + Protiocanazol; Mancozeb	0,4; 1,5	R3
Fungicida	Tebuconazol + Clorotalonil	2,0	R5.1
Inseticida	Bifentrina + Carbossulfano	0,5	R5.1

p.c. = produto comercial

O trabalho foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados (DBC) constituído de 12 tratamentos (Tabela 2) e 4 repetições, totalizando 48 parcelas de 15 m² (3 x 5 m). Para as avaliações foram excluídas as últimas linhas de plantio das laterais e 1 metro das bordaduras no sentido do comprimento para evitar quaisquer efeitos de deriva durante a aplicação do ensaio.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos usados na dessecação pré-colheita da soja, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Trat.	Produto*	Ingrediente ativo	Dose do p. c. (mL ha ⁻¹)	Adjuvante ^{1,2}
1. T	Testemunha	-	-	-
2. C (50)	Aurora 400 EC	Carfentrazone	50	Assist
3. C (75)	Aurora 400 EC	Carfentrazone	75	Assist
4. C (100)	Aurora 400 EC	Carfentrazone	100	Assist
5. D (1000)	Reglone	Diquat	1000	Agral
6. D (1200)	Reglone	Diquat	1200	Agral
7. D (1500)	Reglone	Diquat	1500	Agral
8. D (2000)	Reglone	Diquat	2000	Agral
9. C (50) + D (1000)	Aurora 400 EC + Reglone	Carfentrazone + Diquat	50 + 1000	Assist
10. C (75) + D (1000)	Aurora 400 EC + Reglone	Carfentrazone + Diquat	75 + 1000	Assist
11. C (50) + D (1200)	Aurora 400 EC + Reglone	Carfentrazone + Diquat	50 + 1200	Assist
12. C (75) + D (1200)	Aurora 400 EC + Reglone	Carfentrazone + Diquat	75 + 1200	Assist

p.c. = produto comercial. ¹A concentração do adjuvante Assist foi de 0,5 % v/v. ²A concentração do adjuvante Agral foi de 0,2% v/v. *Registro Especial Temporário (RET) Aurora: 1824/2018. T = Testemunha; C (50) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹; C (75) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹; C (100) = Carfentrazone na dose de 100 mL ha⁻¹; D (1000) = Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; D (1200) = Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; D (1500) = Diquat na dose 1500 mL ha⁻¹; D (2000) = Diquat na dose 2000 mL ha⁻¹; C (50) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; C (75) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; C (50) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; C (75) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹.

A aplicação dos herbicidas foi realizada quando a soja atingiu o estágio R7.2, sendo este o mais indicado para a operação pelo fato de haver menores perdas na produtividade e na massa de mil grãos quando comparado a outros estádios (DE ARAUJO, 2018).

A pulverização contou com o uso de um pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO₂, acoplado a uma barra de 6 bicos com pontas XR11002 (tipo leque com espectro de gotas finas) espaçadas em 0,5 m e com pressão de 40 psi (276 kPa), o que totalizou um volume de calda de 150 L ha⁻¹. As condições edafoclimáticas do momento da aplicação podem ser observadas na Tabela 3.

O ensaio permaneceu em campo até os 14 dias após a aplicação (DAA) dos produtos sendo, nesse período, realizadas as avaliações das variáveis porcentagem de desfolha e

dessecação das vagens. Após esse tempo foram colhidos e trilhados 8 m lineares de soja da área útil de cada parcela para que pudessem ser realizadas as avaliações de impureza, umidade de grãos, produtividade e massa de mil grãos.

O prazo de 14 dias para a colheita do ensaio foi estabelecido pois uma maior espera não justificaria a operação de dessecação da soja já que a mesma, naturalmente, já estaria próxima de alcançar o ponto de colheita. Dessa forma, um dos maiores benefícios dessa operação, que seria a antecipação da colheita, seria perdido. Outro motivo foi estabelecer um prazo mínimo para que o comportamento dos herbicidas pudesse ser avaliado ao longo do tempo.

Tabela 3. Condições edafoclimáticas do momento da aplicação dos herbicidas usados na dessecação pré-colheita da soja, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Características	Resultados
Hora de início	15:45
Hora de término	16:45
Temperatura do ar (°C)	31
Umidade relativa (%)	56
Velocidade do vento (km h ⁻¹)	1,2
Direção do vento	Leste
Nebulosidade (%)	0
Condição do solo	Friável
Orvalho	Ausente

Quanto às metodologias de avaliação das variáveis analisadas, as mesmas se encontram descritas a seguir:

- **Porcentagem de desfolha (DES):** A avaliação dessa variável ocorreu aos 3, 5, 7, 10 e 14 DAA dos produtos. Para essa avaliação foram distribuídas notas de 0 a 100% de acordo com a escala de desfolha (Figura 4) proposta por Canteri, Koga e Godoy (2006), onde 0% representava a ausência de desfolha e, 100%, plantas totalmente desfolhadas.



(Continua)

(Conclusão)



Figura 4. Escala diagramática para estimativa de desfolha na soja.

Fonte: Adaptado de CANTERI; KOGA; GODOY (2006).

- **Dessecação das vagens (DVA):** Para essa variável as avaliações ocorreram aos 7, 10 e 14 DAA dos tratamentos. O método de avaliação foi a distribuição de notas de 0 a 100% segundo a escala representada na Figura 5, onde 0% era distribuído às vagens ainda verdes, apresentando grãos sem as cores características do tegumento e do hilo, além de elevada umidade e consequentemente muito volumosos. Já para as vagens totalmente secas com grãos apresentando as cores características do hilo e do tegumento, baixa umidade e tamanho diminuto, foi atribuída nota 100%.



Figura 5. Escala evolutiva de dessecação das vagens de soja.

Fonte: Adaptado de PORTAL SYNGENTA (2021)

- **Impureza (IMP):** Depois de colhida e trilhada, a soja foi embalada e devidamente identificada para ser pesada. Posteriormente, por catação manual, foram retiradas impurezas como hastes, pedras, cascas e vagens verdes. Depois desse processo o produto foi novamente pesado e, por diferença entre as pesagens, a porcentagem de impureza pôde ser obtida.

- **Umidade de grãos (UMI):** Para a determinação de umidade foi escolhido o método indireto não destrutivo, onde uma amostra de grãos foi submetida à um aparelho medidor de umidade por capacitância digital. O modelo usado do aparelho em questão foi o G600 da empresa Gehaka.

- **Produtividade (PRO):** Para a obtenção de produtividade a soja colhida em cada parcela foi pesada. Posteriormente foi aplicada uma correção de umidade para 13% e os valores obtidos foram extrapolados para um hectare, sendo o resultado final expresso em kg ha^{-1} .

- **Massa de mil grãos (MMG):** Para essa variável em cada parcela uma amostra com 1000 sementes foi pesada e posteriormente a umidade das mesmas foi corrigida para 13%.

Os resultados obtidos das avaliações foram submetidos à análises de variâncias no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008) e, em casos em que o teste F se mostrou significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Porcentagem de desfolha

Para essa variável é possível observar (Tabela 4) que aos 3 DAA a maior média foi dada ao tratamento 8, o que indica que o diquat na dose de 2 L ha^{-1} impulsionou o início da desfolha nas plantas de soja (Figura 6). Os segundos melhores resultados foram obtidos em duas (tratamentos 10 e 12) das quatro associações entre carfentrazone e diquat, o que permite dizer que o primeiro a 75 mL ha^{-1} contribuiu para a melhora na atuação do diquat, quando nas doses de $1,0$ e $1,2 \text{ L ha}^{-1}$, nesses primeiros dias. Da mesma forma, o carfentrazone quando associado e na dose de 50 mL ha^{-1} (tratamentos 9 e 11), apesar de apresentar uma menor média em relação aos últimos tratamentos citados, também contribuiu para a performance do diquat quando comparado aos tratamentos em que este estava sozinho também nas doses de $1,0$ e $1,2 \text{ L ha}^{-1}$ (tratamentos 5 e 6). Resultados semelhantes aos tratamentos 9 e 11 foram obtidos também no tratamento 7. Quanto ao carfentrazone sozinho é possível observar que o mesmo tem um menor desempenho comparado aos tratamentos com a presença de diquat. Além disso há uma relação direta entre a queda das doses e o desempenho decrescente do produto, sendo os resultados de sua menor dose similares à testemunha.



Figura 6. Registro fotográfico da avaliação dos tratamentos: A) 1 (testemunha), B) 4 (carfentrazone na dose de 100 mL ha⁻¹), C) 8 (diquat na dose de 2000 mL ha⁻¹) e D) 12 (carfentrazone na dose 75 mL ha⁻¹ associado ao diquat na dose de 1200 mL ha⁻¹) aos 3 DAA.

Tabela 4. Porcentagem de desfolha das plantas de soja em função da dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Tratamentos	Níveis de desfolha (%)				
	3 ¹	5 ¹	7 ¹	10 ¹	14 ¹
1. T	30,0 g	55,0 d	75,0 e	85,0 c	96,0 c
2. C50	30,0 g	68,8 c	80,0 d	86,0 c	98,0 b
3. C75	35,0 f	75,0 b	83,8 c	91,5 b	100,0 a
4. C100	42,5 e	78,8 b	87,5 b	93,8 b	100,0 a
5. D1000	62,5 d	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
6. D1200	65,0 d	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
7. D1500	71,3 c	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
8. D2000	83,8 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
9. C50 + D1000	71,8 c	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
10. C75 + D1000	77,5 b	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
11. C50 + D1200	73,8 c	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
12. C75 + D1200	76,3 b	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
C.V. (%)	5,65	4,67	2,65	2,79	0,78

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹Dias após a aplicação (DAA). T = Testemunha; C (50) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹; C (75) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹; C (100) = Carfentrazone na dose de 100 mL ha⁻¹; D (1000) = Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; D (1200) = Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; D (1500) = Diquat na dose 1500 mL ha⁻¹; D (2000) = Diquat na dose 2000 mL ha⁻¹; C (50) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; C (75) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; C (50) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; C (75) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹.

Em relação à avaliação ocorrida aos 5 DAA é possível observar que todos os tratamentos contendo o diquat já se apresentavam com 100% de desfolha, o que leva a conclusão que esse ingrediente ativo é mais eficiente do que o carfentrazone quanto à essa variável. Já os tratamentos 3 e 4, contendo as maiores doses deste último quando não associado, só alcançaram essa nota aos 14 DAA. Os tratamentos 1 e 2, testemunha e carfentrazone em sua menor dose

respectivamente, não atingiram a desfolha completa nem mesmo aos 14 DAA. Segundo Dayan et al. (1997) essa baixa eficiência do carfentrazone na desfolha da soja pode ser explicada pela maior capacidade que a cultura tem de metabolizar esse ingrediente ativo quando comparado às plantas infestantes.

Diante do exposto é possível comentar que todos os tratamentos contendo diquat antecederam no mínimo 9 dias a desfolha completa quando comparados aos outros tratamentos.

4.2 Dessecação das vagens

Para essa variável, aos 7 DAA, é possível observar (Tabela 5) que as melhores médias foram obtidas nos tratamentos 8, 11 e 12 (Figura 7), o que indica que o carfentrazone a 75 mL ha⁻¹ teve um efeito aditivo no diquat a 1,0 e 1,2 L ha⁻¹ comparado aos tratamentos em que o diquat se apresentava nas mesmas doses, porém não associado. As segundas melhores médias foram obtidas pelos tratamentos em que o diquat se apresentava sozinho, com exceção do tratamento 8, ou associado ao carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹. Já os tratamentos em que o carfentrazone estava sozinho tiveram as menores médias em relação aos tratamentos anteriormente citados, apresentando-se melhores somente em relação à testemunha.

Tabela 5. Dessecação das vagens (%) de soja em função da dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Tratamento	Dessecação das vagens (%)		
	7 ¹	10 ¹	14 ¹
1. T	30,0 d	45,0 d	84,8 d
2. C (50)	38,8 c	51,3 c	90,5 c
3. C (75)	38,8 c	52,5 c	94,5 b
4. C (100)	43,8 c	55,0 c	98,0 a
5. D (1000)	73,0 b	87,3 b	100,0 a
6. D (1200)	71,5 b	85,5 b	98,3 a
7. D (1500)	72,3 b	90,0 b	100,0 a
8. D (2000)	80,0 a	95,5 a	100,0 a
9. C (50) + D (1000)	71,8 b	86,3 b	99,5 a
10. C (75) + D (1000)	72,5 b	87,3 b	98,8 a
11. C (50) + D (1200)	76,0 a	89,8 b	100,0 a
12. C (75) + D (1200)	75,8 a	89,5 b	100,0 a
C.V. (%)	5,62	4,98	1,83

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹Dias após a aplicação (DAA). T = Testemunha; C (50) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹; C (75) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹; C (100) = Carfentrazone na dose de 100 mL ha⁻¹; D (1000) = Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; D (1200) = Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; D (1500) = Diquat na dose 1500 mL ha⁻¹; D (2000) = Diquat na dose 2000 mL ha⁻¹; C (50) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; C (75) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000

mL ha⁻¹; C (50) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; C (75) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹.



Figura 7. Registro fotográfico da avaliação dos tratamentos: A) 1 (testemunha), B) 4 (carfentrazone na dose de 100 mL ha⁻¹), C) 8 (diquat na dose de 2000 mL ha⁻¹) e D) 12 (carfentrazone na dose 75 mL ha⁻¹ associado ao diquat na dose de 1200 mL ha⁻¹) aos 7 DAA.

Assim como na avaliação aos 7 DAA, o tratamento 8 aos 10 DAA apresentou novamente a melhor média, seguido de todos os tratamentos em que o diquat esteve presente, com exceção do anteriormente citado. Já para os tratamentos 1, 2, 3 e 4, as médias permaneceram as mesmas.

Aos 14 DAA é possível observar que as vagens das plantas dos tratamentos contendo o diquat, assim como o carfentrazone à 100 mL ha⁻¹, já se encontravam dessecadas e prontas para a colheita; e, que o tratamento 2, se mostrou superior apenas à testemunha.

Entretanto, de acordo com as observações realizadas em campo, apesar de o carfentrazone isoladamente nas doses de 50 e 75 mL ha⁻¹ não se mostrar eficiente em relação à dessecação das vagens, o mesmo contribuiu para a uniformidade de maturação das mesmas, o que é uma característica muito almejada durante o processo de colheita, já que uma situação contrária poderia ocasionar uma queda do rendimento operacional das colhedoras presentes na operação (INOUE, 2003).

4.3 Impureza

Em relação a variável impureza, a mesma não foi significativa no teste de F (Tabela 6) a uma probabilidade de 5%, o que permite concluir que os herbicidas carfentrazone e diquat e suas associações não tiveram efeitos nessa variável.

Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) de impureza na soja colhida no ensaio de dessecação em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Causa da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F (5%)	
Blocos	3	17,62755	5,87585	0,395578	2,891354	não significativo
Tratamentos	11	190,0941	17,28128	1,163422	2,093254	não significativo
Resíduo	33	490,1765	14,85383			
Total	47	697,8981				
C.V.		87,64%				

4.4 Umidade dos grãos

Considerando os resultados da tabela 7, é possível perceber que não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto à variável umidade, o que vai de encontro com os resultados obtidos por Kamphorst e Paulus (2019) em seus trabalhos com inibidores de Fotossistema I e outros herbicidas. Essa indiferença encontrada entre as médias dessa análise talvez possa ser explicada pela ocorrência de chuvas entre a aplicação dos produtos e a colheita do ensaio (figura 8), que pode estar intimamente relacionada ao aumento da umidade relativa do ar (LACERDA et al., 2003), consequentemente, elevando a umidade das sementes por conta de sua característica higroscópica. Dessa forma, as precipitações durante a condução do ensaio podem ter interferido diretamente na variação de umidade dessas sementes fazendo com que os tratamentos não se diferenciassem entre si.

Tabela 7. Umidade dos grãos, produtividade e massa de mil grãos em função da soja dessecada em pré-colheita, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Tratamento	UMI (%)	PRO (t ha ⁻¹)	MMG (g)
1. T	21,75 a	5,53 a	171,1 a
2. C (50)	18,92 a	5,50 a	167,4 a
3. C (75)	19,75 a	5,32 a	162,8 a
4. C (100)	19,77 a	5,14 a	162,8 a
5. D (1000)	18,07 a	4,49 b	151,6 b
6. D (1200)	18,15 a	4,77 b	150,8 b
7. D (1500)	17,82 a	4,56 b	151,1 b
8. D (2000)	18,35 a	4,51 b	146,2 b
9. C (50) + D (1000)	19,12 a	5,02 a	144,4 b
10. C (75) + D (1000)	19,22 a	4,77 b	146,5 b
11. C (50) + D (1200)	18,52 a	4,78 b	143,4 b
12. C (75) + D (1200)	17,95 a	5,03 a	145,9 b
C.V. (%)	7,68	8,60	5,73

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. T = Testemunha; C (50) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹; C (75) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹; C (100) = Carfentrazone na dose de 100 mL ha⁻¹; D (1000) = Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; D (1200) = Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; D (1500) = Diquat na dose 1500 mL ha⁻¹; D (2000) = Diquat na dose 2000 mL ha⁻¹; C (50) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; C (75) + D (1000) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1000 mL ha⁻¹; C (50) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 50 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹; C (75) + D (1200) = Carfentrazone na dose de 75 mL ha⁻¹ associado ao Diquat na dose 1200 mL ha⁻¹.

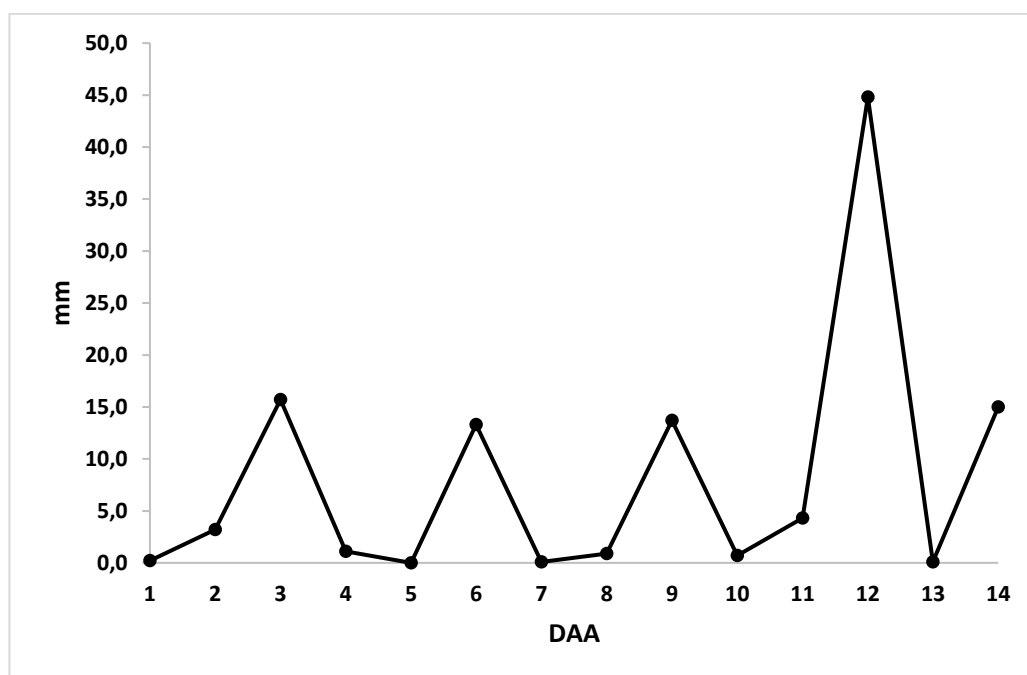


Figura 8. Precipitações (mm) registradas no posto meteorológico da estação de pesquisas Genetic Seeds and Biocontrol durante os 14 dias após a aplicação (DAA) dos produtos, safra 2020/21. Uberlândia, MG.

Porém, apesar de estatisticamente não haver diferença entre os tratamentos, na realidade essa desigualdade numérica pode afetar consideravelmente o retorno econômico dos sojicultores já que, de acordo com Utida (2014), a umidade é responsável por cerca de 81,06% dos descontos na negociação de lotes de soja.

Atualmente, a umidade usada como referência na compra e venda desses grãos é 14% (FLEMING, 2016) e, valores superiores a esse limite geram descontos no lucro a ser obtido pelos produtores. Para o cálculo, cada 1% de excesso de umidade é considerado 1 ponto percentual, devendo o mesmo deve ser multiplicado por um valor de correção de 1,5 a 2,0%, sendo, este, o valor final a ser descontado.

Dessa forma, levando em conta as considerações anteriores e tomando como base os resultados obtidos na tabela 7, é possível inferir que o tratamento 8 resultaria em descontos muito menores do que àqueles referentes à umidade presente na testemunha, por exemplo.

Além dos descontos, de acordo com Aguila, Aguila e Theisen (2011) a umidade também está diretamente relacionada à qualidade do produto, assim como à produtividade. Segundo esses autores, em casos em que a soja tem seu uso destinado para sementes, uma umidade superior a 18% pode ser responsável por ocasionar um alto índice de danos mecânicos, principalmente aqueles classificados como latentes, nesse produto, o que poderia diretamente afetar os atributos fisiológicos dessas sementes. Então, diante do exposto e dos resultados encontrados na tabela 7, é esperado que os tratamentos 7 e 12, com médias de 17,82% e 17,95%, respectivamente, tenham menores problemas com esse tipo de dano.

Já em casos de teor de água superior a 20%, a produtividade pode ser seriamente comprometida, independentemente do uso da soja, pois essa elevada umidade pode afetar diretamente o funcionamento do sistema de trilha fazendo com que os grãos, ou sementes, não sejam separados das vagens, sendo assim, descartados. Nessa situação, seria possível inferir que a testemunha tivesse uma menor produtividade em relação aos outros tratamentos já que, numericamente, a mesma apresenta o maior índice de umidade. Entretanto, esse não foi o resultado obtido, o que pode ser explicado pelo alto PMS desse tratamento.

4.5 Produtividade

Para essa variável é possível observar que, com exceção dos tratamentos 9 e 12, todos os tratamentos contendo diquat apresentaram uma menor média em relação à testemunha e aos tratamentos em que o carfentrazone não se apresentava associado (Tabela 7). Como observado anteriormente, esse inibidor de fotossistema I tem uma alta eficiência no processo de dessecação das vagens o que pode ter ocasionado uma maior deiscência das mesmas (ROMAN, 2007) e, consequentemente, perdas de grãos até o momento da colheita (14 DAA).

Entretanto, Cavalieri et al. (2018) em seu trabalho com dessecação com diquat na soja em diferentes fases de desenvolvimento não encontraram diferenças na produtividade da cultura, independentemente do estágio ou do produto de dessecação propriamente dito, sendo, este resultado, semelhante ao encontrado por Kamphorst e Paulus (2019) e Benedet et al. (2018).

4.6 Massa de Mil Grãos

Para a MMG, todos os tratamentos contendo o diquat apresentaram uma menor média em relação à testemunha e aos tratamentos em que o carfentrazone não se apresentava associado (Tabela 7). Contudo, Kamphorst e Paulus (2019) não encontraram diferenças estatísticas nessa variável em seu trabalho, assim como Benedet et al. (2018) em sua pesquisa com dessecação pré-colheita com uso de inibidores de fotossistema I. Já Inoue et al. (2018) concluíram que essa

variável pode ou não se diferenciar dependendo do estágio de aplicação dos herbicidas ou até mesmo da área na qual a soja está instalada. Ainda assim, mais estudos são necessários para melhor entender o efeito fisiológico do diquat, encontrado no presente trabalho, nos grãos de soja.

5. CONCLUSÕES

O diquat proporcionou uma desfolha mais precoce em todos os tratamentos em que esteve presente, adiantando a mesma em no mínimo 9 dias quando comparado aos outros tratamentos. Além disso, a dessecação das vagens também foi melhor nesses casos aos 14 DAA.

A dessecação em pré-colheita não interferiu na umidade final dos grãos.

O diquat ocasionou uma queda na massa de mil grãos em todos os tratamentos em que esteve presente.

Em todos os tratamentos em que o diquat estava sozinho, o mesmo causou uma queda na produtividade em relação à testemunha. Esse comportamento ainda precisa ser melhor estudado e confirmado.

Em duas das quatro associações de diquat com o carfentrazone não ocorreu queda da produtividade em relação à testemunha.

O carfentrazone isoladamente não afetou a produtividade e proporcionou a uniformidade na colheita aos 14 DAA.

REFERÊNCIAS

- AGUILA, L. S. H; AGUILA, J. S. d.; THEISEN, G. **Perdas na colheita na cultura da soja**. 2011. EMBRAPA Clima Temperado. Circular Técnico. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79567/1/comunicado-271.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2021.
- ANDERLE, L. Z.; GUIMARÃES, F. C. M.; KAWAKAMI, J. Seleção assistida por marcadores moleculares no melhoramento genético da soja. **Revista Técnico-Científica**, n. 25, 2021.
- APROSOJA - Associação Brasileira dos Produtores de Soja. **A Soja**. 2018. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/#:~:text=Mas%20o%20gr%C3%A3o%20tem%20in%C3%BAmeros,beb%C3%AAs%20e%20muitos%20alimentos%20diet%C3%A9ticos>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- BENEDET, D. L. et al. **Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja em função de estádios de dessecação com paraquat e diquat**. 2018. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3911#preview-link0>. Acesso em: 01 jun. 2021.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Embrapa Soja- Documentos (INFOTECA-E), 1987.
- CAMPEÃO, P.; SANCHES, A. C.; MACIEL, W. R. E. Mercado Internacional de Commodities: uma análise da participação do Brasil no mercado mundial de soja entre 2008 e 2019. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 51, p. 76-92, 2020.
- CANTERI, M. G.; KOGA, L. J.; GODOY, C. V. Escala diagramática para estimar desfolha provocada por doenças em soja. In: **Congresso Brasileiro de Soja, 4º**. 2006. p. 106.
- CAVALIERI, S. D. et al. Produtividade de grãos em função de períodos de dessecação pré-colheita de cultivares de soja. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **Congresso Brasileiro de Soja, 8.**, 2018, Goiânia. Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília. 2020. 7 v. Safra 2019/20. Décimo segundo levantamento. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/33275_6780e71910d3f0d489c5f171231b65cd. Acesso em: 10 mar. 2021.
- DALL'AGNOL, A. et al. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.
- DAYAN, F. E. et al. Selectivity and mode of action of carfentrazone-ethyl, a novel phenyl triazolinone herbicide. **Pesticide science**, v. 51, n. 1, p. 65-73, 1997.
- DE ARAUJO, D. L. et al. Influência dos períodos de dessecação da soja na germinação e componentes de rendimento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 13, n. 4, p. 5584, 2018.
- DIAS, D. C. F. S. Maturação de Sementes. **Seed News**. 06 nov. 2001. Bimestral. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/2179-maturacao-de-sementes-edicao-novembro-2001>. Acesso em: 12 mar. 2021.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. 1977.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. In: **Revista symposium**. 2008. p. 36-41.

FLEMING, Beatriz. **5 fatos para entender tudo sobre os medidores de umidade de grãos**. 2016. SEMAGRO - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. Disponível em: <https://www.semagro.ms.gov.br/5-fatos-para-entender-tudo-sobre-os-medidores-de-umidade-de-graos/>. Acesso em: 01 jun. 2021.

GONÇALVES, M. F. **Aplicação do herbicida sulfentrazone em mudas de café após implantação**. 2013. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Machado, Machado, 2013. Disponível em: <https://saucarvalho.com.br/wp-content/uploads/2016/11/TCC-Marcelo-2013-Final-Final.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

INOUE, Miriam Hiroko et al. Rendimento de grãos e qualidade de sementes de soja após a aplicação de herbicidas dessecantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 769-770, 2003.

INOUE, M. H. et al. Determinação do estágio de dessecação em soja de hábito de crescimento indeterminado no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 1, p. 71-83, 2012.

KAMPHORST, A.; PAULUS, C. Herbicidas para dessecação pré-colheita em soja como alternativa em substituição ao Paraquat. **Revista Cultivando o Saber**, p. 54-62, 2019.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1930. Disponível em: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Das_geographische_System_der_Klimate_\(1936\).pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Das_geographische_System_der_Klimate_(1936).pdf). Acesso em: 26 mar. 2021.

LACERDA, A. L. S. et al. Aplicação de dessecantes na cultura de soja: teor de umidade nas sementes e biomassa nas plantas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 3, p. 427-434, 2003.

LAMEGO, F. P. et al. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 929-938, 2013.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E), 2008.

PETRUCCI, E. et al. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. 2018.

PINTO, R. S. et al. Qualidade de grãos de soja em diferentes épocas de colheita. **Nativa**, v. 5, p. 463-470, 2017.

PLACIDO, H. F. **Como é feita a colheita de soja**: saiba qual é o ponto ideal e as principais orientações para garantir boa produtividade e rentabilidade. 2020. Blog Lavoura 10. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/como-e-feita-a-colheita-de-soja/>. Acesso em: 12 mar. 2021.

PORTAL SYNGENTA. **Estágios de evolução**: encontre mais informações sobre o desenvolvimento da soja clicando no botão do estágio indicado. 2021. Disponível em: <https://portalsyngenta.com.br/sementes-soja-estagios-de-evolucao>. Acesso em: 05 jan. 2021.

RETZINGER JR, E. J.; MALLORY-SMITH, C. Classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies. **Weed Technology**, p. 384-393, 1997.

ROMAN, E.S. et al. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação Passo Fundo: Berthier, 2007. 160p.

SEDEC - SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (Mato Grosso). **Mato Grosso impulsiona recorde agropecuário brasileiro**: participação do estado foi de 15,4% do total do valor bruto da produção agropecuária nacional. 2021. Disponível em: <http://www.sedec.mt.gov.br/-/16355637-mato-grosso-impulsiona-recorde-agropecuário-brasileiro>. Acesso em: 14 abr. 2021.

TSUKAHARA, R. Y. et al. Produtividade de soja em consequência do atraso da colheita e de condições ambientais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 51, n. 8, p. 905-915, 2016.

UTIDA, Alex. **Classificação de grãos MT**. 2014. 15 slides, color. Aprosoja MT. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/soja/anos-anteriores/classificacao-de-graos-mt.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2021.

VIEIRA, E. L. et al. **Manual de fisiologia vegetal**. edufma, 2010.

WHIGHAM, D. K.; STOLLER, E. W. Soybean desiccation by paraquat, glyphosate, and Ametryn to Accelerate Harvest 1. **Agronomy Journal**, v. 71, n. 4, p. 630-633, 1979.