UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

DOSES E ESTADIOS DE APLICACAO DE 2,4-D AMINA COMO REGULARDOR DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA

TÚLIO PORTO GONÇALO
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS – BRASIL
2019

TÚLIO PORTO GONÇALO

DOSES E ESTADIOS DE APLICACAO DE 2,4-D AMINA COMO REGULARDOR DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

RIO VERDE

GOIÁS - BRASIL

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

TÚLIO PORTO GONÇALO

DOSES E ESTADIOS DE APLICACAO DE 2,4 AMINA COMO REGULARDOR DE CRESCIMENTO NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVAÇÃO: 22 de Julho de 2019

Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes
Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz
Membro – FA/UniRV

Prof. Dr. Gustavo André Simon
Membro – FA/UniRV

Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior
Membro DAG/UEM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, que com sua infinita sabedoria, me deu tudo nesta vida e só tenho a agradece-lo.

A minha família, em especial a minha esposa, Cristiane Brucceli Porto Gonçalo, que me apoiou em toda a etapa deste mestrado, principalmente nos momentos mais difíceis. O seu suporte a faz ser parte disto tanto quanto a mim, sem ela isto não seria possível.

Aos meus filhos Lara Brucceli Porto Gonçalo e Henrique Brucceli Porto Gonçalo, que são a fonte de inspiração e a força para que todo trabalho em minha vida seja realizado.

Aos meus pais Leilane Mezabarba Porto Barbosa e Carlos Alberto Gonçalo, que me criaram, deram educação e os ensinamentos com exemplos de como um cidadão deve conduzir a sua vida com a presença sempre de Deus.

As minhas irmãs, Larissa Porto Gonçalo e Isabella Rosa Fernandes Gonçalo, que estiveram sempre ao meu lado quando precisei.

Ao meu padrasto, José Manoel Barbosa, que sempre um suporte em minha vida, desde meu início na vida profissional.

A família Gonçalo e Bruccelli, que moram em meu coração e contribuíram ou no passado ou atualmente para que isso fosse possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho primeiramente a deus, sem ele os obstáculos não seriam possíveis de serem ultrapassados.

A minha esposa, filhos, mãe, pai, irmãs e padrasto, eles me ajudaram a formar tudo que sei, tudo que sou neste momento.

Agradeço a Universidade Universidade de Rio Verde em nome do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PPGPV), que me deu os ensinamentos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Carlos César Evangelista de Menezes, que foi fundamental na idealização, condução e escrita desde trabalho.

Ao meu co-orientador Guilherme Braga Pereira Braz**,** um amigo, que esteve ao meu lado em todos os momentos que precisei.

Aos membros da banca que dispuseram seu tempo e conhecimento para estarem conosco neste momento, Prof. Dr. Gustavo Simon e Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira.

A todos os professores do PPGPV, que não foram apenas mestres, mas amigos sempre dispostos a apoiar e passar mais do que conhecimento.

A instituição do Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano, que me deu a chance de melhorar como profissional, abrindo mão em alguns momentos de minha presença para que isso fosse possível. O meu muito obrigado a diretoria e comissão de pesquisa, que possibilitaram isto ser possível.

A todos os funcionários e estagiários do Gapes, em especial a Danillo Neiva, Aline Guimarães, Luiz Fernando Ribeiro, João Vitor Alves, John Lennon Basílio e Wenderson Costa.

A todos os amigos do mestrado o meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

TÚLIO PORTO GONÇALO, filho de Carlos Alberto Gonçalo e Leilane Mezabarba Porto, nasceu no município de Volta Redonda, Estado do Rio de Janeiro, aos 10 dias do mês de março do ano de 1988.

Em junho de 2006, iniciou o Curso de Engenharia Agronômica na Universidade de Federal do Rio de Janeiro – UFRRJ. Durante o período de graduação, participou de projetos de pesquisa na área da Biologia Molecular e Fixação Biológica de Nitrogênio, sob a orientação dos Professores Dr. Jean Luiz Simões e Sonia Regina de Souza. Graduou-se em Engenharia Agronômica em 11 de janeiro de 2011.

Trabalhou em instituições privadas como Monsanto e Syngenta de 2011 a 2017, passando pelas áreas de marketing, pesquisa na cultura da soja e vendas.

Ao fim de 2016 ocupou o lugar de gerente de Pesquisa do Grupo associado de Pesquisa do Sudoeste Goiano (GAPES), onde trabalha atualmente com a gestão de projetos de pesquisa aplicada.

Em agosto de 2017, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Agronomia, a nível de Mestrado, Área de Concentração em Produção Vegetal de Plantas, na Universidade de Rio Verde (UniRv), sob orientação do professor Dr. Carlos César Evangelista de Menezes e co-orientação do professor Dr. Guilherme Braga Pereira Braz.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS..... v
LISTA DE TABELAS..... vi
RESUMO..... viii
ABSTRACT..... ix
1 INTRODUÇÃO GERAL..... 1
2 REVISÃO DE LITERATURA..... 3
CAPÍTULO 1 - ALTERAÇÃO MORFOLÓGICA DA PLANTA E INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA PELO USO DE PRODUTOS COM AÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO..... 8
RESUMO..... 8
ABSTRACT..... 9
1 INTRODUÇÃO..... 10
2 MATERIAL E MÉTODOS..... 11
3 RESUTADOS E DISCUSSÃO..... 14
4 CONCLUSÃO..... 20
REFERÊNCIAS..... 21
CAPÍTULO 2 - 2,4D COMO UM REGULADOR DE CRESCIMENTO: DOSES E ESTÁGIO DE APLICAÇÃO..... 24
RESUMO..... 24
ABSTRACT..... 25
1 INTRODUÇÃO..... 26
2 MATERIAL E MÉTODOS..... 27
3 RESUTADOS E DISCUSSÃO..... 31
4 CONCLUSÃO..... 42
REFERÊNCIAS..... 43
CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Molécula de 2,4-D (NPI, 2017)..... 4

FIGURA 2 Valores de temperatura e precipitação, referentes a outubro de 2016 a abril de 2017, coletados pelo Inmet para a cidade de Montividiu, GO..... 12

FIGURA 3 Temperatura e precipitação, de novembro de 2017 a março de 2018, coletados por estação automática no CIT GAPES de Rio Verde, GO..... 28

FIGURA 4 Sintomas de 2,4D 8 horas após a aplicação do produto..... 34

FIGURA 5 Fotos dos tratamentos 5 dias após a 1ª aplicação de 2,4D Amina, em estádio fenológico V4, comparado com a testemunha..... 34

FIGURA 6 Tratamentos com 5 dias após a 2ª aplicação de 2,4D Amina estádio V8 e testemunha (42 dias após o plantio)..... 35

FIGURA 7 Equação de regressão para número de ramificações por planta em função das doses de 2,4D Amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18..... 37

FIGURA 8 Equação de regressão para massa de matéria seca de raiz em função das doses de 2,4D Amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18..... 38

FIGURA 9 Equações de regressão para número de vagens de 2 e 3 grãos por planta em função das doses de 2,4D Amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18..... 40

FIGURA 10 Equação de regressão para produtividade de soja (kg ha-1) em função das doses de 2,4-D amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18..... 42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Propriedades físico-químicas das amostras do solo em que foi conduzido o experimento de produtos de Crescimento na cultura da soja Montividiu (GO), 2016/2017..... 11

TABELA 2 Lista de tratamentos no experimento alteração morfológica da planta e incremento de produtividade da cultura da soja pelo uso de produtos com ação de regulador de crescimento, Montividiu (GO), 2016/2017..... 13

TABELA 3 Quadrados médios do resíduo das variáveis altura de planta (AP), distância entre o 5º e 10º nó reprodutivo (DNR), número de ramificações (NR), número de nós reprodutivos (NNR) e produtividade (PRO) do ensaio de produtos de crescimento vegetativos na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017..... 15

TABELA 4 Altura de planta (AP), distância entre o 5º e 10º nó reprodutivo (DNR), número de ramificações (NR), número de nós reprodutivos (NNR) e produtividade (PRO) em função dos estádios de aplicação e produtos utilizados na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017..... 15

TABELA 5 Altura média de plantas (AP) em função do número de aplicações e produtos utilizados na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017..... 16

TABELA 6 Produtividade média em função dos estádios fenológicos de aplicação e produtos utilizados na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017..... 18

TABELA 7 Propriedades físico-químicas do solo em que foi conduzido o experimento com a cultura da soja Rio Verde (GO), 2017/2018..... 28

TABELA 8 Lista de tratamentos no experimento 2,4D Amina como regulador na cultura da soja, Rio Verde (GO), 2017/2018..... 30

TABELA 9 Quadrado médio do resíduo das variáveis acamamento (ACA), altura de planta (ALT), índice de clorofila (CLO), número de ramificações (NR), massa de matéria seca de raiz (MMR), número de nós reprodutivos (NNR), vagens de dois (NV2) e três (NV3) grãos, número de grãos por planta (NGP), número de vagens por planta (NVP), peso de 100 grãos (PCG) e produtividade (PRO) em função de doses de produtos e dos estádios fisiológicos (EF) de aplicação na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018..... 32

TABELA 10 Acamamento, altura de planta e teor de clorofila, em função de doses de 2,4D amina e dos estádios de aplicação na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018..... 33
TABELA 11 Número de ramificações, massa de matéria seca de raiz e número de nós reprodutivos, em função dos estádios de aplicação e doses de 2,4D amina aplicados na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018..... 36
TABELA 12 Número de vagens de dois e três grãos por planta e número total de grãos por planta, em função dos estádios de aplicação e doses de 2,4D amina aplicados na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018..... 39
TABELA 13 Valores médios de número de vagens total por planta peso de cem grãos e produtividade, em função dos estádios de aplicação e doses de 2,4-D amina aplicados na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018..... 41

RESUMO GERAL

GONÇALO, T. P., Ms, UniRV – Universidade de Rio Verde, julho de 2019. **Doses e estádios de aplicação de 2,4 amina como regulador de crescimento na cultura da soja.** Orientador: Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes. Co-Orientador: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz

Dentro do ambiente de produção de soja, tem sido comum aos produtores enfrentar situações adversas no cultivo. Os principais gargalos estão relacionados a fatores bióticos e abióticos. Por esta razão nem sempre a planta de soja alcança padrões de crescimento tidos como ideais. Neste sentido, o objetivo com este trabalho foi identificar opções de manejo de baixo custo que possam melhorar a arquitetura da planta e promover incrementos de produtividade. Foram testadas a campo opções como propiconazole (125g g i.a. ha-1), 2,4D amina (8,06 g i.a. ha-1), lactofen (120 g i.a. ha-1), imazetapir (42,4 g i.a. ha-1), Grainset (500ml pc ha-1), aplicados uma vez (V4) e duas vezes (V4 e V8) com tratamento adicional sem aplicação. Observou-se que a altura de plantas e distância entre nós são influenciadas por lactofen, imazetapyr e 2,4D amina, sendo o último com potencial de aumento de produtividade. Um segundo experimento foi instalado para a averiguação dos fatores doses e estádio fenológico da soja no momento da aplicação de 2,4D amina a campo. Os tratamentos foram compostos pelas doses 4,03; 8,06; 12,09; 16,12; 20,15 e 24,18 g e.a.ha^{-1} e aplicações nos estádios fenológicos V4 e V8 da soja. O tratamento adicional não recebeu aplicação. Foi observado que subdoses (doses bem abaixo do recomendado em bula) de 2,4D podem aumentar o número de vagens de dois e três grãos, peso da matéria seca de raiz, número de ramificações da parte aérea e produtividade da soja. A melhor dose para aplicação foi de 18,01 g e.a.ha^{-1}, sendo que o estádio de aplicação não interferiu em produtividade.

Palavras-chave: ácido diclorofenoxiacético, estádios de aplicação, Glycine max, mimetizadores da auxina, regulador de crescimento.

ABSTRACT

GONÇALO, T. P., Ms, UniRV – University of Rio Verde, March 2019. **Doses and application stages of 2,4-d amine as growth regulator in soybean crop.** Adviser: Prof. Dr. Carlos César Evangelista de Menezes. Co-adviser: Prof. Dr. Guilherme Braga Pereira Braz

Inside the soybean production environment, it has been common for growers to face adverse cropping situations. The main problems are related to biotic and abiotic factors. For this reason, the soybean plant not always reach growth standards considered as ideals. In this sense, the objective of this work was to identify low cost management options that can improve the plant architecture and promote yield increases. The options evaluated were propiconazole (125 g a.i. ha^{-1}), 2,4-D amine (8.06 g a.i. ha^{-1}), lactofen (120 g a.i. ha^{-1}), imazethapyr (42.4 g a.i. ha^{-1}), Grainset (500 mL c.p. ha^{-1}), in a single application (V4) or sequential application (V4 and V8) with additional treatment without application. It was observed that plant height and distance between nodes are influenced by lactofen, imazethapyr and 2,4 D amine, being the last one with potential to increase crop yield. A second experiment was set up to investigate the factors dose and phenological stage of soybean at the time of 2,4-D amine application. The treatments were composed of doses 4.03; 8.06; 12.09; 16.12; 20,15 and 24,18 g a.e. ha^{-1} and applications over soybean plants in V4 and V8 phenological stages. A check without herbicide application composed the additional treatment. It has been observed that 2,4-D amine subdoses (doses well below the recommended dose) can increase the number of pods with two and three grains, root dry matter weight, number of shoot branches and soybean yield. The best 2,4-D amine dose was 18.01 g a.e. ha^{-1}, and the application stage did not interfere in soybean crop yield.

Keywords: dichlorophenoxyacetic acid, application stage, *Glycine max*, auxin mimetizers.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja é considerada uma das culturas mais importantes no mundo, tendo em vista que a utilização desta leguminosa é destinada para vários fins, como alimentação humana, fabricação de rações animais e produção de biodiesel, entre outros. No ranking dos maiores produtores mundiais de soja estão listados, em ordem decrescente, Estados Unidos, Brasil e Argentina, os quais em conjunto, são responsáveis por 82,1% da produção mundial (FAO, 2016). A safra brasileira 2017/18 apresentou produção estimada em 119 milhões de toneladas, sendo a região Centro-Oeste a principal produtora do grão com participação de 45,2% (CONAB, 2019).

Dados da safra 2017/18 demonstram que Goiás apresentou produção próxima de 11.785,7 mil toneladas de grãos de soja, o que expõe a importância que a cultura possui para o Estado. Apesar da boa adaptabilidade que esta cultura apresenta às condições edafoclimáticas da região, devido a sua grande extensão em área cultivada, a soja enfrenta diversas intempéries e cada vez mais são necessárias tecnologias que possam promover o máximo potencial produtivo da cultura.

A produtividade na cultura da soja é extremamente dependente da população adequada de plantas por hectare, recomendada pelo detentor do material, além de uma boa distribuição destas na área de semeadura. Nas situações em que estes fatores são observados atentamente, haverá um bom arranjo de plantas, o que contribuirá para um maior êxito em se alcançar altas produtividades da variedade escolhida pelo produtor.

Apesar do produtor buscar sempre bons arranjos para a cultura, diversos fatores podem interferir negativamente nesta variável, como germinação e vigor baixo das sementes, más condições de semeadura, má distribuição de plantas, estresses hídricos (seca ou excesso de chuvas). Quando no estádio vegetativo, alterações significativas podem acontecer sobre o arranjo de plantas na cultura da soja e formar plantas menores que não ocupem bem o espaço disposto na lavoura ou deixar espaços entre plantas onde não há sementes. Neste aspecto, práticas de manejo que apresentem ações corretivas em busca de uma melhor arquitetura da planta, podem ser uma opção para auxiliar na obtenção de maiores rendimentos, compensando possíveis falhas, aliado a um custo relativamente baixo ao produtor.

Alguns produtos, triazois, fito-hormônios e herbicidas, vêm sendo testados ao longo dos anos no sentido de alterar a morfologia das plantas de soja após a semeadura, na tentativa de diminuir a dominância apical e consequente porte da planta. Nestas situações, a diminuição

de altura de plantas pode também evitar problemas com acamamento, além de auxiliar no manejo de pragas e doenças. Além disso, longos períodos de nuvens no estádio vegetativo podem induzir o crescimento excessivo da planta, promovendo um maior investimento em tecidos vegetativos e diminuição da partição de fotoassimilados para órgãos reprodutivos, o que acarreta redução da produtividade.

Com o objetivo de evitar problemas relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas são utilizados diferentes produtos com esta finalidade, os quais podem promover na cultura da soja um balanço hormonal favorável, alterando a morfologia da planta e promovendo a diferenciação das gemas laterais em hastes, disponibilizando maior número de ramos reprodutivos (gemas), estruturas que proporcionam altas produtividades. Entre estes produtos destacam-se os herbicidas. Todos os herbicidas atuam sobre rotas ou processos cruciais para a planta, em uma rota inibidora ou estimuladora. Baixas doses de herbicidas podem ser usadas para beneficamente modular o crescimento da planta, seu desenvolvimento ou composição, fenômeno descrito como efeito hormesis.

Exemplos de uso de herbicidas visando conferir características positivas em plantas podem ser trazidos com o uso do glifosato em baixas doses induzindo a maturação de cana-de-açúcar. Adicionalmente, quando aplicado nas doses recomendadas para o controle de plantas daninhas, o glifosato pode inibir doenças que causam ferrugens em trigo e soja resistentes a glifosato. Outros exemplos podem ser citados, o Fluridone que bloqueia a síntese de carotenoide pela inibição de phytoene desaturase, é efetivo em reduzir a produção de ácido abscísico em plantas sobre estresse hídrico. Entre o grupo de herbicidas inibidores da enzima acetolactate synthase, o sulfometuron-methyl é amplamente usado para maturação de cana. Já as imidazolinonas podem ser usadas para a supressão do crescimento de espécies de relva. A aplicação de herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase pode desencadear a defesa de plantas contra patógenos. O glufosinato de amônia, um inibidor da enzima glutamina sintetase é também conhecido por melhorar o controle de doenças de plantas (Velini, Trindade, Barberis, & Duke, 2010).

A maioria dos estudos buscam diminuição de porte e uma melhor utilização do espaço que é disposto a soja. Sendo assim, com este trabalho objetivou-se: 1) avaliar produtos com potencial para alterar a arquitetura de plantas de soja de forma que a cultura/lavoura expresse seu potencial produtivo; 2) proceder o posicionamento destes produtos em relação à dose e estádio em que o mesmo deve ser aplicado na soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Entre diversos produtos utilizados na cultura da soja, alguns podem ter dupla função, podendo tanto exercer funções de proteção de plantas, bem como promover estímulos hormonais. O herbicida imazetapir é responsável por inibir a enzima acetolactato sintase, esta enzima catalisa a formação de acetolactato que é precursor da síntese de três aminoácidos, leucina, valina e isoleucina, além de ter efeitos na divisão celular (Roman et al., 2007). A soja é capaz de metabolizar quase que totalmente este herbicida sendo assim seletiva a este (Kelley et al., 2005), porém, alguns trabalhos mostram que dependendo da dose utilizada a planta pode ser afetada e sofrer alguns efeitos fisiológicos. No entanto faltam pesquisas avaliando como este efeito pode alterar os caracteres fenológicos e caracteres produtivos na cultura da soja.

Um dos herbicidas mais utilizados como regulador de crescimento é o lactofen, classificado como destruidor de membranas. Este produto é comumente utilizado como pós-emergente no controle de um grande espectro de plantas daninhas, principalmente de folhas largas. Este grupo de herbicidas tem por função inibir a enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), que promove a saída da protoporfirina IX do cloroplasto para o citoplasma que neste ambiente sem Mg, reage com oxigênio formando oxigênio singleto e inicia um processo de peroxidação dos lipídios, desnaturando assim as estruturas de membranas celulares das plantas.

A cultura da soja tem boa tolerância a este herbicida, mas resultados de pesquisas demonstram que este herbicida pode causar fitotoxidez a planta, diminuindo seu porte, dominância apical, influenciando na altura da planta e produtividade (Buzzello, 2010; Rios, 2016; Beam et al., 2018).

Alguns fungicidas podem apresentar além de função fungitóxica, também atuar na alteração da produção hormonal e consequente rearranjo estrutural da planta (Caroline, & Moura, 2013). Estes produtos podem diminuir os impactos sobre a produtividade causado por estresse químico ou ambiental (Gilley & Fletcher, 1997), promovendo por vezes o aumento de produtividade (Freitas, 2014). Comumente produtores rurais em busca de um melhor arranjo de plantas e aumento de produtividade em culturas como soja e feijão tem utilizado esta ferramenta.

Existem opções de produtos no mercado utilizados especificamente para este fim. Estes produtos podem representar opções seguras na tentativa de otimizar a arquitetura da

planta e assim permitir um melhor arranjo dessas plantas na área de cultivo. Alguns produtos atuam disponibilizando micronutrientes em determinadas fases chave das plantas. Estes micronutrientes são cofatores de enzimas que atuam em rotas biosintéticas de hormônios nas plantas, sendo assim extremamente demandados em determinados momentos, estes são chamados de precursores hormonais. O Grainset é um produto que vem sendo utilizado com este intuito e alguns resultados de pesquisas evidenciam a capacidade do produto de promover o encurtamento de entrenós (Christou et al., n.d.; Fagan, 2018).

O 2,4-D amina é uma molécula extremamente utilizada na agricultura, desde pequenos jardins a extensas áreas de produções agrícolas. Classificado como um herbicida para controle de folhas largas e um mimetizador de auxina, este herbicida se comporta semelhante ao hormônio natural na planta denominado de ácido indol acético (AIA), que quando em grandes quantidades pode causar crescimento celular desordenado, síntese de etileno e cianeto, escassez de fotoassimilados e consequente morte da planta (Roman et al., 2007). Em baixas e reguladas doses pode aumentar o tempo de manutenção de frutos em plantas (Flores, 2001), induzir a diferenciação de estruturas em raízes (Ácido, Pérez, & Rodríguez, 2013) e interferir no balanço hormonal por meio do estimulo na produção de citocinina, ácido abscísico e etileno (Roman et al., 2007). Existem estudos que avaliam o impacto que doses de 2,4D Amina pode acarretar na cultura da soja, porém estes não são ajustados para verificar se estas subdoses podem interferir positivamente na cultura da soja.

Em 1941 verificou-se que o 2,4-D (Figura 1) tinha potencial para afetar os processos de crescimento das plantas como um regulador de crescimento e sua primeira classificação foi como um produto de ação hormonal e não de herbicida. Em seguida, resultados de diversos trabalhos de pesquisas mostraram que em doses maiores ele poderia ser utilizado como herbicida e sua primeira patente foi obtida pela DOW Chemical Company e American Paint Company (Union Carbide) em 1947.

Neste meio tempo o 2,4-D foi utilizado na guerra do Vietnã, como desfolhante juntamente com outro ingrediente ativo, o 2,4,5-T, mistura a qual foi denominada de agente laranja (NPI, 2017).

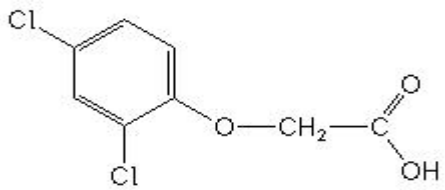

Figura 1. Molécula de 2,4-D (NPI, 2017).

A partir da constatação do efeito herbicida que a molécula 2,4-D apresentava, seu uso foi amplamente empregado no controle de plantas daninhas dicotiledôneas. Em 2012 foi o 7º herbicida mais utilizado na agricultura e a molécula mais utilizada para jardinagem, com um total de aproximadamente 16 milhões de litros de ingrediente ativo (EPA, 2017). Por ter um amplo espectro de controle em dicotiledôneas, e preservar as monocotiledôneas, a molécula é utilizada no manejo de plantas daninhas em lavouras de trigo, milho, arroz, entre outros cereais. Atualmente existem no mundo mais de 600 produtos registrados com este ingrediente ativo (SONG, 2014).

As plantas monocotiledôneas e as dicotiledôneas têm mecanismos de biossíntese, transporte e tradução de sinal do 2,4-D, o que torna complexo entender o controle tão efetivo para dicotiledôneas e não para as monocotiledôneas, (GROSSMANN, 2000; KELLEY e RIECHERS, 2007; McSTEEN, 2010). A ação do 2,4-D é por meio da mimetização da auxina (HRAC, 2017), configura-se como uma auxina externa ou exógena, portanto hormonal. O produto, quando aplicado em subdoses, pode ser absorvido por folhas, hastes, raízes e é translocado para os meristemas das plantas, pois trata-se de uma molécula pequena que não pode ser degradada *in vivo* (MUNRO et al., 1992).

Os sintomas induzidos em plantas por herbicidas auxínicos são similares a indução de sintomas com altas doses de auxinas naturais como o ácido indol acético. Aplicações de pequenas doses de auxinas podem promover o crescimento normal de plantas, enquanto altas doses podem induzir crescimento excessivo e exagerado, encarquilhamento de folhas e tornando-as mais frágeis, torcimento e encarquilhamento de hastes (GROSSMANN, 2009).

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), o 2,4-D age na morte de plantas de três formas principais: altera a plasticidade das paredes celulares, influencia na quantidade de proteínas produzidas e aumenta a produção de etileno. A auxina exógena aplicada em altas doses pode causar distúrbios fisiológicos, primeiramente estimulando crescimento anormal e promovendo a expressão de genes que codificam enzimas envolvidas no enrolamento de hastes e intumescimento de tecidos. No entanto, diminuem a codificação de NCED genes, que são chave na biossíntese de ABA e genes ACS que codificam as enzimas que limitam a síntese de etileno (GROSSMANN, 2009).

Os análogos sintéticos de auxinas também são comumente utilizados como ingrediente ativo em raízes, em baixíssimas doses pode provocar o alongamento e divisão celular, sendo muito utilizada em cultura de tecidos, buscando a diferenciação de hastes, colmos e raízes em outros tecidos (SONG, 2014).

A auxina é produzida na parte superior da planta, principalmente na gema apical. A partir do ápice a auxina é carreada para os órgãos inferiores na planta onde tem principalmente a função de expansão celular, através da acidificação da parede celular. Em maiores concentrações pode inibir a formação de hastes laterais e induzir uma maior dominância apical. Por outro lado, quando em menores concentrações que a citocinina então favorece a produção de ramos laterais (TAIZ e ZEIGER, 2017).

A auxina tem um sentido de transporte basípeto no caule, no sentido ponteiro para a raiz. Na raiz, a auxina é responsável pelo seu crescimento, quando os teores são menores que no caule. Sendo assim, espera-se que aplicações de subdoses de 2,4D possam estimular em um primeiro momento o crescimento radicular, e em um segundo momento o número de radicelas, onde será produzida uma quantidade maior de citocinina.

A citocinina tem por característica um movimento acrópeto, no sentido da raiz para o caule. Em raízes com um maior número de radicelas e, consequente uma maior produção de citocinina, espera-se que o balanço entre citocinina:auxina seja favorável para a diferenciação de hastes laterais em hastes reprodutivas.

Horvatich e Shavarski (2016) testaram o 2,4-D em doses variando de 0 a 100 ml ha^{-1} aplicados em R1 na cultura da soja e não observaram incremento e nem perdas de produtividade.

Inácio (2016) mostrou que a dose de 201,5g i.a. ha^{-1} pode causar redução à planta de soja de 75% de sua massa quando aplicado em V2, sugerindo que as doses para o presente trabalho sejam inferiores a estas utilizadas.

Em um trabalho realizado para comparar a fitotoxidez de 2,4D com a de dicamba observou-se que não houve perdas de produtividade causadas pelas aplicações de subdoses de 2,4D (5,6 e 56 g i.a. ha^{-1}) nos estágios vegetativo e reprodutivo (EGAN et al., 2014). Johnson et al. (2012), também não observaram perdas de produtividade com dose até 16,2 g i.a. ha^{-1} em 4 localidades diferentes.

Resultados de pesquisas aplicando-se diversas doses mostraram que a soja é mais sensível a aplicação de 2,4D em estádios V5 do que V2 e R2, onde em V5 foram necessários 205 g i.a. ha^{-1} para causar 50% de perdas e V2 e R2, 316 e 659 g i.a. ha^{-1}, respectivamente, para causar a mesma fitotoxidez (ROBINSON et al., 2013).

Outros trabalhos realizados por Robinson et al. (2013), comparando doses de 0,1 a 1000 g i.a. ha^{-1} mostram que até a dose de 100 g i.a. ha^{-1} não houve diferenças estatísticas para número de vagens, número de nós reprodutivos, número total de nós, peso de mil grãos e , produção de sementes. Observaram apenas que doses superiores promovem injurias e

alterações na altura das plantas. Plantas que receberam a dose de 10 g i.a. ha^{-1} apresentaram-se semelhantes às plantas que não receberam o produto (testemunha), demonstrando que aplicação desta dose pode não causar queda de produtividade da soja.

CAPÍTULO I

ALTERAÇÃO MORFOLÓGICA DA PLANTA E INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA PELO USO DE PRODUTOS COM AÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO

RESUMO

Dentro do ambiente de produção de soja, tem sido comum aos produtores enfrentar situações adversas no cultivo. Os gargalos estão relacionados a fatores bióticos e abióticos. Por esta razão nem sempre a planta de soja alcança padrões de crescimento tidos como ideais, fato que afeta o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Tecnologias de manejo que possibilitem melhorar o desenvolvimento da parte aérea da planta são interessantes devido à correlação que esta variável possui com a produtividade. Neste sentido, o objetivo com este trabalho foi avaliar diferentes opções de manejo que com baixo custo ou que apresentem dupla função, isto é, além de ser utilizado no manejo da soja otimizar o porte da planta e promover incrementos de produtividade. O experimento foi conduzido em Montividiu (GO) na fazenda Bom Jardim, estação experimental satélite do Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste de Goiás (GAPES). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial de dois fatores, com quatro repetições (5x2)+1. O fator A foi constituído pela aplicação dos produtos Propiconazole (125g ia ha^{-1}), 2,4D (8,06g ea ha^{-1}), Lactofen (120g ia ha^{1}), Imazetapir (106 g ia ha^{-1}), Grainset (500 ml pc ha^{-1}) e o fator B por duas estratégias de manejo: uma única aplicação no estádio fenológico V3/V4 e outra com duas aplicações, V3/V4 e V7/V8. O tratamento adicional foi sem aplicação. Foram avaliados altura de plantas, número de entre-nós reprodutivos, comprimento entre o 5º e o 10º nó reprodutivo, número de hastes diferenciadas. Os resultados permitiram observar que as variáveis produtividade e altura de plantas foram influenciadas por todos os produtos testados, sendo o 2,4D o único produto a aumentar a produtividade em relação a testemunha quando aplicado no estádio V4.

Palavras-chave: ácido diclorofenoxiacético, *Glycine max*, mimetizadores da auxina, regulador de crescimento, Bio-regulador

ABSTRACT

MORPHOLOGICAL ALTERATION OF THE PLANT AND INCREASE OF SOYBEAN YIELD BY THE USE OF PRODUCTS WITH ACTION IN GROWTH REGULATION

Inside the soybean production environment, it has been common for growers to face adverse cropping situations. The main problems are related to biotic and abiotic factors. For this reason, the soybean plant not always reach growth standards considered as ideals, fact that affects its vegetative and reproductive development. Management technologies that make it possible to improve the development of shoot plant are interesting due to the correlation that this variable has with yield. In this sense, the objective of this work was to evaluate different options of management that with low cost or that present dual function, that is to say, besides being used in the management of the soybean, to optimize the size of the plant and to promote productivity increases. In this sense, the objective of this work was to evaluate different options of management that with low cost or that present dual function, that is to say, besides being used in the management of the soybean, to optimize the size of the plant and to promote yield increases. The experiment was conducted in Montividiu (GO) at the Bom Jardim farm, satellite experimental station of Grupo Associado de Pesquisa do Sudoeste de Goiás (GAPES). The experimental design was a randomized block in factorial arrangement of two factors (5x2)+1, with four replicates. The factor A was constituted by the application of propiconazole (125 g a.i. ha^{-1}), 2,4-D amine (8.06 g a.e. ha^{-1}), lactofen (120 g a.i. ha^{-1}), imazethapyr (106 g a.i. ha^{-1}), Grainset (500 mL c.p. ha^{-1}) and factor B by two management strategies: a single application in the V3/V4 phenological stage and another with sequential application performed in V3/V4 and V7/V8. Additional treatment consisted in a check without application. Plant height, number of reproductive nodes, length between 5º and 10º reproductive node, number of branches were evaluated. The results allowed to observe that the variables yield and plant height were influenced by all the products tested, with 2,4-D amine being the only product to increase the yield in relation to the check when applied over soybean plants in V4 stage.

Keywords: dichlorophenoxyacetic acid, *Glycine max*, auxin mimics, growth regulator, Bio-regulator.

1 INTRODUÇÃO

O setor de agronegócios representou em 2017 cerca de 23% do produto interno bruto (PIB) do país, além de ser o setor que mais criou empregos. Foi, também, o maior responsável pelo crescimento do PIB aumentando em 13% em relação à 2016, mostrando a grande importância que este setor tem para a sociedade (IBGE e CEPEA, 2017). Desta fatia a soja respondeu por 34,5% de todo o negócio agropecuário (CEPEA, 2018). Além da importância econômica, a soja também exerce benefícios de cunho social, e assim, é responsável por girar a economia e gerar empregos em todas as regiões do país, pois é plantada de norte a sul do Brasil.

O Brasil é um país de dimensão continental, se estendendo por latitudes variando de 4º Norte a 34º Sul, com condições climáticas extremamente contrastantes quanto a luminosidade, distribuição pluvial, umidade e temperatura do ar, fatores estes que influenciam diretamente na produtividade. Em trabalho publicado em 2018, mostrou-se que produtores brasileiros podem atingir produtividade de 5.098 kg ha^{-1} para a cultura da soja, sendo que deste valor, 2514 kg ha^{-1} é influenciado diretamente pelo manejo e 2.584 kg ha^{-1} pelo clima no desenvolvimento da soja (BATTISTI et al., 2018). Por meio destes resultados percebe-se que existem estratégias de manejo para a cultura que são positivas e que são viáveis quando aplicadas adequadamente.

Apesar da soja apresentar plasticidade fenotípica, já foi comprovado que existem respostas em produtividade quando cultivada com população adequada (MUNDSTOCK, 2005). A distribuição de plantas é geralmente realizada seguindo a recomendação de densidade de semeadura que a detentora da variedade indica, sem ser possível prever o clima durante a safra. Resultados de pesquisas mostram que baixa luminosidade na fase vegetativa da soja intensifica a dominância apical ou crescimento vertical, desfavorecendo assim as gemas laterais e diferenciação de pontos reprodutivos (MUNDSTOK e THOMAS, 2005). Este fenômeno, em alguns casos, pode causar desbalanço hormonal, alterar a partição de fotoassimilados entre partes reprodutivas e vegetativas, promover o acamamento, impor restrições no controle de pragas e doenças, e consequentemente, reduzir a produtividade da cultura (ROCHA, 1996; LAWN e JAMES, 2011).

Sendo assim, um experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho agronômico da soja submetida a aplicação em pós-emergência, única e sequencial, de diferentes produtos visando promover melhor desenvolvimento vegetativo/reprodutivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em área localizada no município de Montividiu (GO) na Estação do Grupo de Pesquisa do Sudoeste Goiano (GAPES), nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 17°19'35,11"S e longitude 51°19'26,91"O, com altitude de 790 m. O período de condução do experimento foi de 05/11/2016 a 05/03/2017.

A área em que foi instalado o experimento vem sendo conduzida ao longo dos anos no esquema de sucessão de culturas com a exploração da soja na condição de safra primavera/verão e com a semeadura do milho na safra outono/inverno. O critério para escolha desta área experimental foi selecionar ambiente de produção que fosse representativo em relação ao sistema agrícola praticado na região. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2018). Antecedendo a instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo (camada de 0 a 20 cm) para a caracterização físico-química do mesmo, estando os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas das amostras do solo em que foi conduzido o experimento de produtos de Crescimento na cultura da soja Montividiu (GO), 2016/2017

--------- pH -----		---------- cmolc dm^{-3} ----------						mg dm^{-3}
CaCl2		Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	K	K	P(res)
5,46		3,53	2,53	1,0	0	1,9	0,26	101,92	36,24
---- g dm^{-3} ----		cmolc dm^{-3}	---------- % ----------						
M.O		CTC	V	Sat. Al	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC		H+Al / CTC
44,7		5,66	66,6	0,0	44,4	17,6	4,6		34,4
mg dm^{-3}		---------- mg dm^{-3} ----------				---------- Textura (g dm^{-3}) ----------			
S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte		Areia
16,1	0,6	1,8	34,2	2,6	1,3	460	50		490

Segundo a classificação de Köppen, o clima para a localidade é do tipo Aw, que recebe o nome de clima tropical com estação seca, caracterizado por apresentar chuvas mais intensas no verão em comparação ao inverno (CLIMATE-DATA, 2019). As precipitações e temperaturas médias observadas durante a condução do experimento encontram-se na Figura 2.

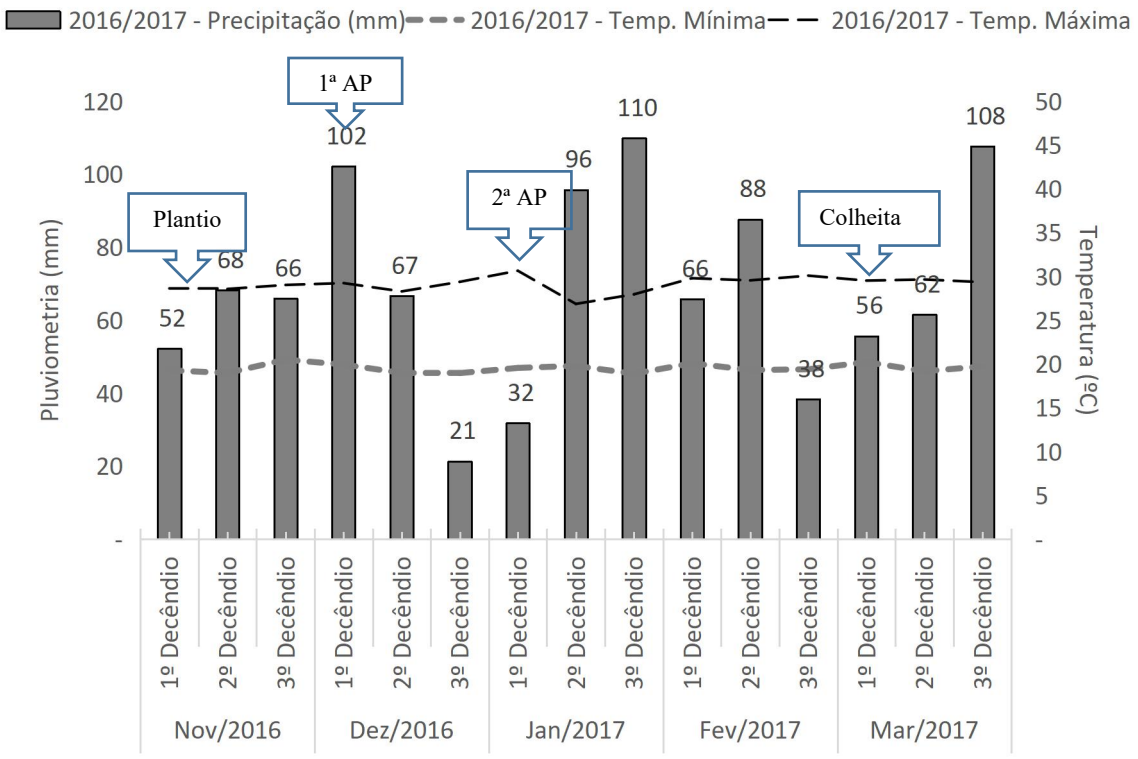

Figura 2. Valores de temperatura e precipitação, referentes a outubro de 2016 a abril de 2017, coletados pelo Inmet para a cidade de Montividiu, GO.

A dessecação das plantas daninhas foi realizada por meio de aplicação sequencial de herbicidas, de forma mecanizada, com uma taxa de aplicação de 100 L ha^{-1}, sendo a primeira realizada aos 20 dias antes da semeadura da soja com aplicação de glifosato (720 g i.a. ha^{-1}) e a segunda realizada no dia seguinte a semeadura com aplicação de paraquat (300 g i.a. ha^{-1}). O manejo de plantas daninhas em pós-emergência da cultura foi realizado com a aplicação de glifosato (720 g i.a. ha^{-1}) aos 25 dias após a semeadura da soja.

O controle das principais doenças foi realizado com duas aplicações da associação entre os fungicidas [azoxtrobina + benzovindiflupir] ([60 + 30] g i.a. ha^{-1}) e uma terceira aplicação com [picoxtrobina + ciproconazole] ([30 + 24] g i.a. ha^{-1}). A primeira aplicação de fungicidas foi realizada quando a soja se encontrava em estádio fenológico R1, a segunda 15 dias após a primeira, e a terceira aplicação realizada quinze dias após a segunda aplicação. O manejo de percevejos foi realizado quando se encontrava 1 percevejo por pano de batida e para estes foram necessárias duas aplicações da associação entre os inseticidas tiametoxan + lambdacialotrina (141 + 101 g i.a. ha^{-1}).

Na semeadura da soja foram utilizadas sementes da variedade Monsoy 7739 IPRO®, que pertence ao grupo de maturação 7.7, hábito de crescimento semi-determinado e com

arquitetura que possibilita o engalhamento. Essa variedade apresenta ampla adaptação geográfica e estabilidade produtiva nas diferentes regiões de cultivo (Monsanto, 2017). O tratamento de sementes foi realizado utilizando-se os seguintes produtos e doses: tiametoxan (50g i.a. ha^{-1}) e metalaxil + fluxodionil (1,75 + 0,7 g i.a. ha^{-1}). As sementes foram distribuídas mecanicamente no dia 05 de novembro de 2016, e na adubação de semeadura utilizou-se 180 kg ha^{-1} de MAP e 140 kg ha^{-1} de cloreto de potássio. Foram distribuídas 15 sementes por metro, obtendo-se o estande recomendado de 13 plantas por metro.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (5x2)+1, com quatro repetições. Os níveis do primeiro fator foram compostos pela aplicação dos produtos propiconazole (125 g g i.a. ha^{-1}), 2,4-D amina (8,06 g i.a. ha^{-1}), lactofen (120 g i.a. ha^{-1}), imazetapir (42,4 g i.a. ha^{-1}) e Grainset (500 mL p.c. ha^{-1}). O segundo nível foi composto pela aplicação única ou sequencial destes produtos nos estágios fenológicos V4 (quatro trifólios completamente desenvolvidos) ou V4 + V8 (uma aplicação em V4 e outra quando haviam oito trifólios completamente desenvolvidos), respectivamente. As unidades experimentais possuíam 6 metros de comprimento por 3 metros de largura.

Tabela 2. Lista de tratamentos no experimento alteração morfológica da planta e incremento de produtividade da cultura da soja pelo uso de produtos com ação de regulador de crescimento, Montividiu (GO), 2016/2017

Produto Comercial	Ingrediente Ativo	Grupo	Dose (g i.a. ou mL p.c. ha^{-1})	Estádio
Testemunha	-	-	-	V_4
Tilt®	propiconazole	Fungicidas	125	
DMA 806 BR®	2,4-D amina	Herbicidas	8,06	
Cobra®	lactofen	Herbicidas	120	
Zapyr®	imazetapir	Herbicidas	42,4	
GrainSet®	Anexo 1	Aminoácidos	500	
Tilt®	propiconazole	Fungicidas	125	V_4 e V_8
DMA 806 BR®	2,4-D amina	Herbicidas	8,06	
Cobra®	lactofen	Herbicidas	120	
Zapyr®	imazetapir	Herbicidas	42,4	
GrainSet®	Anexo 1	Aminoácidos	500	

As aplicações foram realizadas utilizando-se um pulverizador costal pressurizado por CO_2, munido de barra com seis pontas de pulverização do tipo TT 110-02, que regulado a 2,5 kgf cm^{-2} proporcionou volume de aplicação de 150 L ha^{-1}.

Para a avaliação dos tratamentos foi determinada a altura de plantas, distância entre o 5º e o 10º nó reprodutivo, número de ramificações reprodutivas por planta, número de nós reprodutivos por planta e produtividade. A altura de plantas foi determinada em 10 plantas por

parcela, a partir do colo da planta até a inserção da última vagem, quando as plantas se encontravam no estádio fenológico R6.

Também no estádio R6 foi determinada em 10 plantas, a distância entre o 5º e o 10º nó reprodutivo e número total de ramificações reprodutivas laterais por planta que continham pelo menos uma vagem. Para a contagem de números de nós reprodutivos, foram coletadas 10 plantas no estádio R6 por parcela, contando o número de nós que continham hastes ou vagens. Para a produtividade coletou-se manualmente as duas linhas centrais da parcela, um comprimento de 5 metros, perfazendo uma área colhida de 10 m² por unidade experimental. Posteriormente a trilha foi realizada por meio de trilhadora mecânica. Foi determinado o peso dos grãos de cada parcela, com umidade ajustada para 13% e convertida para a unidade de kg ha^{-1}. A colheita foi realizada em 05/03/2017, 120 dias após a semeadura.

Para a avaliação estatística do efeito dos produtos e dos momentos de aplicação, os dados foram submetidos a análise da variância e quando constatado diferenças significativas entre os tratamentos, foi empregado o teste de Tukey a 5% de significância. A análise dos dados foi realizada com uso do programa estatístico ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2009).

3 RESUTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados permitiram constatar que as aplicações isoladas ou sequenciais e os produtos utilizados apresentam respostas diferenciadas quando aplicados à variedade M7739 IPRO (Tabela 3). Os produtos testados interferiram na altura da planta (AP), distância de 5 e 10º nó reprodutivo (DNR) e produtividade (PROD). O número de aplicações (N AP) influenciou a altura de plantas (AP) e a produtividade (PROD). Houve interação apenas para altura de plantas (AP) e produtividade (PROD). As variáveis número de ramificações (NR) e número de nós reprodutivos (NNR) não foram influenciadas por nenhum dos fatores isolados e nem pela interação dos fatores (Tabela 3).

Tabela 3. Quadrados médios do resíduo das variáveis altura de planta (AP), distância entre o 5º e 10º nó reprodutivo (DNR), número de ramificações (NR), número de nós reprodutivos (NNR) e produtividade (PRO) do ensaio de produtos de crescimento vegetativos na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017

Fatores de variação	GL	AP	DNR	NR	NNR	PRO
Produto	4	136,41**	95,73**	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	106,18 **
Nº AP	1	100,80 **	34,68 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1428,02 **
Prod x Nº AP	4	86,88 **	9,75 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,22 ^{ns}	59,96 **
Fat vs Test.	1	242,27 **	21,71 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,67 ^{ns}	211,42 **
CV (%)		3,29	10,13	14,54	4,77	4,71

Prod: Produto; Nº AP: Nº de aplicações; Fat x Test: Contraste Fatorial versus tratamento adicional. **, *, ^{ns}, significativo a 1 e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Quando se analisou a altura de plantas, a aplicação sequencial em $V_4 + V_8$ proporcionou redução mais acentuada de porte da planta (Tabela 4). Este resultado pode ser explicado pela acumulação do efeito dos produtos, sendo estes aplicados em duas fases que a planta estava em pleno crescimento vegetativo.

Além da diminuição do porte da planta, a aplicação sequencial causou redução na produtividade quando comparada a aplicação isolada. Para as outras variáveis, DNR, NR e NNR, não houve diferença entre uma ou duas aplicações. Alguns autores citam que determinados produtos tem dose limite no ciclo da cultura, e que as aplicações sequenciais podem ter excedido a dose limite, causando fitotoxidez e consequente redução de produtividade (Odificada, Basile, & Timossi, 2009, Buzzello, 2010, Robinson & Davis Simpson & Johnson 2013, Rios, 2016, Pacentchuk & Sandini, 2018).

Tabela 4. Altura de planta (AP), distância entre o 5º e 10º nó reprodutivo (DNR), número de ramificações (NR), número de nós reprodutivos (NNR) e produtividade (PRO) em função dos estádios de aplicação e produtos utilizados na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017

Estádios de aplicação	AP (cm)	DNR (cm)	NR (nº)	NNR (nº)	PRO (kg ha^{-1})
V_4	76,68 b	40,4	2,5	11,6	3186 a
$V_4 + V_8$	73,50 a	42,3	2,3	11,6	2469 b
Tratamentos (g i.a. ou mL p.c. ha^{-1}					
Testemunha	83,25	38,9	2,6	11,2	3285
Propiconazole (125)	73,81 b	38,2 a	2,5	11,5	2738 b
2,4-D amina (8,06)	73,94 b	41,7 ab	2,2	11,7	2985 a
Lactofen (120)	69,63 c	37,4 a	2,6	11,8	2625 b
Imazetapir (42,4)	80,50 a	44,8 b	2,3	11,6	2663 b
Grainset (500)	77,56 a	44,5 b	2,4	11,5	3128 a

Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%. * Dose de produto comercial

O tratamento propiconazole em apenas uma aplicação, não alterou a altura de plantas (Tabela 5). Esse resultado sugere que nesta fase o produto aplicado na dose recomendada

pode ser seletivo a planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Pacentchuk & Sandini (2018), que ao avaliarem altura de plantas não observaram efeito da aplicação de 600 mL p.c. ha^{-1}. A escolha da variedade e/ou local do experimento podem proporcionar diferenças de fotoperíodo alterando características do genótipo quanto ao ciclo, perfazendo resultados diferentes, o que deve ser considerado.

Tabela 5. Altura média de plantas (AP) em função do número de aplicações e produtos utilizados na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017

Produto Comercial	Dose (g i.a. ha-1)	Dose (pc ml.ha-1)	AP (cm)	
			V4	V4 e V8
Testemunha	-	-	83,25	
propiconazole	125	500	79,38 aA	68,25- cB
2,4D Amina	8,06	10	73,50- cA	74,38- bA
lactofen	120	500	74,25- bcA	65,00- cB
imazetapir	42,4	400	78,63 abB	82,38 aA
Grainset	Anexo 1	500	77,63- abcA	77,50- abA
CV %			3,29	

Médias com sinais de valor negativo e positivo diferem significativamente da testemunha sendo inferiores e superiores, respectivamente, segundo o teste Dunnet a 5%; Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A aplicação sequencial de propiconazole causou severa redução no porte de planta, cerca de 18% (Tabela 5). Isto indica que este triazol tem efeitos fisiológicos sobre a planta. Sabe-se que produtos desse grupo podem interferir diretamente na síntese de giberelina, influenciando no porte da planta, o que pode ter ocorrido nesse experimento (RADEMACHER, 2000).

O 2,4-D amina causou redução no porte de planta independente do estádio de aplicação. Essa redução foi na ordem de 11,7% e 10,65% em uma e duas aplicações respectivamente (Tabela 5). A aplicação de subdose em pós-emergência da soja, pode influenciar na concentração interna de auxina, que, transportada em sentido basípeto, descendo até as raízes através do floema, ou célula a célula (TAIZ; ZEIGER, 2006). Na raiz, exerce papel de hormônio estimulando o crescimento radicular, com o aumento das raízes, estas passam a ter mais pontos de produção de citocinina, que em maiores concentrações, se movimentaria para a parte aérea da planta. A citocinina, em maior proporção na parte aérea pode estimular a diferenciação celular de hastes vegetativas em hastes reprodutivas, contendo vagens e grãos, alterando assim o porte da planta e a tornando assim a planta mais produtiva.

O herbicida lactofen influenciou o desenvolvimento vegetativo da cultura da soja,

sendo um dos tratamentos que mais reduziu o porte da planta, independente do estádio de aplicação (tabela 5). Os resultados obtidos com o uso deste produto diferiram daqueles obtidos pela testemunha e propiconazole, independentemente do número de aplicações. Já em comparação com o produto imazetapir, apenas quando aplicado sequencialmente. No entanto, mostrou-se semelhante aos resultados obtidos pela aplicação de 2,4D Amina e Grainset, quando a aplicação aconteceu em V4. Para duas aplicações o lactofen foi o produto mais efetivo na redução do porte das plantas.

Em ambiente favorável a um intenso crescimento vegetativo, a aplicação do produto Lactofen proporcionou redução do porte de plantas de soja, redução no acamamento e, em alguns casos, aumento de produtividade (Rios, 2016)

O herbicida imazetapir não alterou o porte da planta em relação a testemunha e sendo o maior porte dentre os tratamentos, independentemente do número de aplicações. Isto mostra que este produto não tem potencial para redução de altura (Tabela 5).

A aplicação de Grainset promoveu redução do porte da planta independentemente do número de aplicações, em comparação a testemunha. Este não foi o produto mais efetivo na redução de porte, sendo inferior ao lactofen e propiconazole quando aplicados sequencialmente (Tabela 5).

A produtividade do tratamento com uma única aplicação de propiconazole não diferiu da testemunha, porém apresentou resultados superiores ao lactofen e imazetapir (Tabela 6). Isto indica que na fase vegetativa este produto é seletivo à soja, porém não proporcionar alterações que melhorem a produtividade da mesma.

Tabela 6. Produtividade média em função dos estádios fenológicos de aplicação e produtos utilizados na cultura da soja. Montividiu, 2016/2017

Tratamentos	Dose (g i.a. ha-1)	Produtividade (kg.ha-1)	
		V4	V4 e V8
Testemunha	-	3.285	
propiconazole	125	3.195 bcA	2.280- bB
2,4D Amina	8,06	3.555+ aA	2.415- bB
lactofen	120	2.970- cA	2.280- bB
imazetapir	42,4	2.940- cA	2.385- bB
Grainset	Anexo 1	3.270 bA	2.985- aB
CV %		4,71	

Médias com sinais de valor negativo e positivo diferem significativamente da testemunha sendo inferiores e superiores, respectivamente, segundo o teste Dunnet a 5%; Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Quando aplicado sequencialmente, o propiconazole proporcionou redução severa de produtividade, na ordem de 30% em relação a testemunha (Tabela 6), sendo semelhante aos outros tratamentos com exceção de Grainset, que também foi inferior a testemunha. Triazóis na cultura da soja podem ter efeito acumulativo, quando em altas doses podem causar inibição na síntese de giberelina que podem impactar negativamente em produtividade.

São escassos trabalhos com aplicações de altas doses de propiconazole na cultura da soja. Já na cultura do feijão, um ensaio com duas aplicações nas mesmas doses, mostrou incremento de porte de planta e aumento nos componentes produtivos (Freitas, 2014). Este resultado diferem de diversos outros autores que relatam a redução de porte proporcionada pela aplicação de propiconazole (Linzmeyer Junior et al., 2008; Souza et al., 2010; Rademacher & Brahm, 2012; Freitas, 2014).

Utilizando apenas uma aplicação, no estádio fenológico V4, o 2,4-D amina foi o único produto que proporcionou incremento de produtividade (tabela 6). Este resultado pode ser explicado devido o 2,4-D amina ser um análogo a um fitohormônio presente na planta (ácido indol acético) (TAIZ; ZEIGER, 2006), que neste caso pode ter proporcionado melhorias nos caracteres produtivos na soja.

Nos trabalhos utilizando subdoses de 2,4-D amina, o principal objetivo é avaliar os níveis de fitotoxidez do produto e não avaliar os incrementos nos componentes de produtividade. Nestes trabalhos as curvas de doses não foram calibradas para aferir o que pequenas alterações de dose poderiam acarretar em acréscimos de produtividade (Inacio, 2016; Robinson et al., 2013). Uma revisão de literatura foi realizada a fim de avaliar os efeitos de subdoses por Egan & Barlow & Mortensen, (2014) e esta mostrou em diversos trabalhos

efeitos de subdoses (10 a 100 g.i.a.ha-1) de 2,4D amina em soja sensível ao produto. Resultados de alguns trabalhos mostraram efeitos positivos em produtividade, apontando médias com 20% de incremento de produtividade em comparação com a testemunha (Andersen e. al. 2004).

As aplicações sequenciais de 2,4-D neste experimento ocasionaram diminuição de produtividade. Conforme pode ser observado, houve uma redução na produtividade de cerca de 30% (Tabela 6). Este resultado mostra que os efeitos das aplicações sequenciais podem ser acumulativas e assim causar danos que não aconteceriam se apenas uma aplicação fosse feita. De acordo com resultados de vários ensaios, aplicações de auxinas em altas doses causam efeito herbicida à soja sensível (Robinson et al., 2013; Egan et al., 2014). Esse comportamento é devido ao aumento da concentração e, consequentemente, do estímulo hormonal que causa inicialmente epinastia, produção de etileno e morte de tecidos, causando perdas irreparáveis à planta. Entretanto as diferenças de respostas entre efeito herbicida e fitohormonal, são observadas utilizando-se doses entre 10 e 100 g e.a. ha-1 durante o ciclo da soja (Robinson et al., 2013; Egan et al., 2014).

O produto lactofen causou redução na produtividade em relação a testemunha, independentemente do número de aplicações, sendo semelhante a imazetapir e propiconazole (Tabela 6). A produtividade obtida no tratamento com lactofen foi inferior a produtividade obtida com o produto Grainset, independentemente do número de aplicações. Foi também inferior ao tratamento com 2,4D amina quando aplicados em plantas no estádio v4.

Resultados da pesquisa de Rios, (2016) diferem dos obtidos nesse experimento, pois as plantas não tiveram um crescimento acima do considerado normal para a soja e não foi observado acamamento de plantas na testemunha, tanto na fase vegetativa, quanto na fase de maturação da soja.

Para plantas com altura adequada e não acamadas, a redução do porte não representa melhorias para controle de pragas, doenças e morfologia da planta e assim não gera incrementos de produtividade (Buzzello, 2010). Além deste aspecto, o lactofen pode causar fitotoxidez quando aplicado em determinadas situações, não promovendo melhorias no porte da planta, e causando perdas de produtividade.

O herbicida imazetapir causou redução de produtividade, independentemente do número de aplicações. Resultados de alguns ensaios evidenciam sua seletividade para a cultura da soja, porém dependente do estádio de aplicação, neste caso V3 e R2 (Kelley et al., 2005). Fatores como a sensibilidade da variedade, estádio de aplicação e eventual stress hídrico após a aplicação do herbicida, podem causar redução de produtividade a cultura da

soja. Resultados obtidos em dois experimentos conduzidos por Kelley et al. (2005) foram semelhantes aos desse experimento onde o imazetapir não foi efetivo na redução do porte da planta e causou queda na produtividade quando aplicado em V7.

Em comparação com a testemunha, a redução da altura proporcionada pelo Grainset não alterou a produtividade quando aplicado uma vez. No entanto, sua produtividade foi inferior ao 2,4D amina e superior a lactofen e imazetapir. O Grainser quando aplicado duas vezes, causou redução de produtividade em relação a testemunha, porém se mostrou o produto menos impactante dentre todos. Este produto age como precursor hormonal, fornecendo à planta nutrientes e aminoácidos para que processos fisiológicos específicos aconteçam de forma ordenada (Fagan, 2018). Se a planta estiver bem nutrida e com o balanço hormonal adequado, este produto pode não incrementar a produtividade, apesar da redução de porte. Provavelmente esta seja a razão pela qual o tratamento não proporcionou incrementos de produtividade em uma única aplicação. A aplicação sequencial reduziu o porte das plantas e também a produtividade.

4 CONCLUSÃO

O número de ramificações reprodutivas e de nós reprodutivos não são afetados por nenhum dos tratamentos;

As aplicações de 2,4D amina (8,06 g e.a.ha^{-1}), lactofen (120g e.a.ha^{-1}) e Grainset (500 p.c. ml.ha^{-1}) nos estádios fenológicos V4 e em V4+V8 reduzem a altura de plantas;

Aplicação sequencial do produto propiconazole (125 g e.a. ha^{-1}) nos estádios fenológicos V4 e V8 reduz a altura de plantas;

Aplicações dos produtos lactofen (120 g e.a. ha^{-1}) e imazetapir (42,4 g i.a. ha^{-1}) nos estádios fenológicos V4 e em V4+V8 reduzem a produtividade da soja;

Aplicação do 2,4D amina (8,06g e.a.ha^{-1}) em plantas no estádio fenológico V4 aumenta a produtividade da soja;

Aplicações sequenciais dos produtos reduzem a produtividade da soja.

REFERÊNCIAS

Ácido, E. D. E. L., Pérez, J. L. P., & Rodríguez, L. G. (2013). INCASoy-27 Effect of 2 , 4-diclorophenoxiacetic acid on embryogenic response of soybean cultivar INCASoy-27, *34*(3), 40–44.

Andersen, S. M., Clay, S. A., Wrage, L. J., & Matthees, D. (2004). Soybean foliage residues of dicamba and 2,4-D and correlation to application rates and yield. *Agronomy Journal*, *96*(3), 750–760. https://doi.org/10.2134/agronj2004.0750

Beam, S. C., Flessner, M. L., Pittman, K. B., Beam, S. C., Flessner, M. L., & Pittman, K. B. (2018). Soybean Flower and Pod Response to, *32*(4), 444–447. https://doi.org/10.1017/wet.2018.37

Buzzello, G. L. (2010). Uso De Reguladores No Controle Do Crescimento E No Desempenho Agronômico Da Cultura Da Soja Cultivar Cd 214 Rr Desempenho Agronômico Da Cultura Da Soja Cultivar.

Caroline, P., Moura, S., Caroline, P., & Moura, S. (2013). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz " Efeitos fisiológicos da aplicação de triazol e estrobilurina em soja Piracicaba 2013.

CEPEA, PIB do Agronegócio Brasileiro. 2018

Christou, A., Hodgson, C., Cogan, T., Gaffney, M., Cocq, K. Le, Davies, D. R., … Wyke, N. (n.d.). Impact of plant biostimulants on maize forage and subsequent silage quality : A field experiment using mini-silos, 4.

CLIMATE-DATA. Clima Rio Verde. Disponível em: < https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/rio-verde-4473/>. Acesso em: 29/01/2019.

COSTA, José A. Cultura da soja. Porto Alegre: I. Manica, J. A. Costa, 1996. 233p.: il. Impressão evangraf.

DSc. Evandro Binotto Fagan: Crop Physiologist/ Professor Adjunto do UNIPAM. (2018).

Egan, J. F., Barlow, K. M., & Mortensen, D. A. (2014). A Meta-Analysis on the Effects of 2,4-D and Dicamba Drift on Soybean and Cotton. *Weed Science*, *62*(01), 193–206. https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00025.1

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2018. 276 p.

Flores, N. A. S. (2001). PRODUÇÃO DE FRUTOS DE ABÓBORA HÍBRIDA PELA APLICAÇÃO, *31*(1), 23–27.

Freitas, K. M. De. (2014). Revista Agrarian, 479–484.

Gilley, A., & Fletcher, R. A. (1997). Relative efficacy of paclobutrazol , propiconazole and tetraconazole as stress protectants in wheat seedlings, 169–170.

Grieneisen, V. A., Xu, J., Marée, A. F. M., Hogeweg, P., & Scheres, B. (2007). Auxin transport is sufficient to generate a maximum and gradient guiding root growth. *Nature*, *449*(7165), 1008–1013. https://doi.org/10.1038/nature06215

IBGE. Contas Nacionais Trimestrais Indicadores de Volume e Valores Correntes. Jan.-Mar. 2018. Maio 2018.

Johnson, V. A., Fisher, L. R., Jordan, D. L., Edmisten, K. E., Stewart, A. M., & York, A. C. (2012). Cotton, Peanut, and Soybean Response to Sublethal Rates of Dicamba, Glufosinate, and 2,4-D. *Weed Technology*, *26*(02), 195–206. https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00054.1

Kelley, K. B., Wax, L. M., Hager, A. G., Riechers, D. E., Kelley, K. B., Hager, A. G., & Riechers, D. E. (2005). Soybean response to plant growth regulator herbicides is affected by other postemergence herbicides Soybean response to plant growth regulator herbicides is affected by other postemergence herbicides, *53*(1), 101–112.

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, p.373-379, 2008.

MUNDSTOK, Cláudio M.; THOMAS, André L. Soja: fatores que afetam o desenvolvimento e o rendimento. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

Odificada, G. E. M., Basile, E., & Timossi, A. G. (2009). H ERBICIDAS P ÓS -E MERGENTES A PLICADOS Selectivity of Post-Emergence Herbicides Applied on Genetically Modified Soybeans, 345–352.

Pacentchuk, F., & Sandini, I. E. (2018). Produtos à base de triazol como redutores de crescimento da cultura da soja Triazole-based products as soybean growth retardants, *41*(2), 385–393.

Rademacher, W. (2000). Growth retardants: Effects on gibberellin. *Annual Review of Plant Physiology & Plant Molecular Biology*, *51*, 501–531. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.501

RADEMACHER, W.; BRAHM, L. Plant growth regulators. In: WILEY, V.C.H. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Weinheim: John Wiley & Sons, 2012, p.573-586.

Rios, F. A. (2016). DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA Efeitos do lactofen no crescimento e produtividade da soja RR em diferentes condições edafoclimáticas Efeitos do lactofen no crescimento e produtividade da soja RR em diferentes condições ed.

Robinson, A. P., Davis, V. M., Simpson, D. M., & Johnson, W. G. (2013). Response of

Soybean Yield Components to 2,4-D. *Weed Science*, *61*(1), 68–76. https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00077.1

Roman, E. S., Beckie, H., Vargas, L., Hall, L., Rizzardi, M., Wolf, T. M. Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2005.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software AssistatStatistical Attendance. In: CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno. Proceedings… Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOUZA, C.A.; COELHO, C.M.M.; STEFEN, D.L.V.; SACHS, C.; FIGUEIREDO, B.F. Atributos morfométricos e componentes da produção do feijoeiro sob efeito de redutores de crescimento. Científica, v.38, p. 30-37, 2010.

Sprays, P., & Press, A. (2016). The Effect of 2 , 4-D and Several other Herbicides on Weeds and Soybeans when Applied as Post-emergence Sprays, *4*(1), 61–68.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2017. 7416p.

Velini, E. D., Trindade, M. L. B., Barberis, L. R. M., & Duke, S. O. (2010). Growth Regulation and Other Secondary Effects of Herbicides. *Weed Science*, *58*(03), 351–354. https://doi.org/10.1614/WS-D-09-00028.1

CAÍTULO II

2,4D COMO UM REGULADOR DE CRESCIMENTO: DOSES E ESTÁGIO DE APLICAÇÃO

RESUMO

Dentro do ambiente de produção de soja, tem sido comum aos produtores enfrentar situações adversas no cultivo. Os gargalos estão relacionados a fatores bióticos e abióticos. Por esta razão nem sempre a planta de soja alcança padrões de crescimento tidos como ideais, fato que afeta o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Tecnologias de manejo que possibilitem melhorar o desenvolvimento de órgãos reprodutivos da planta são interessantes devido à correlação que esses possuem com a produtividade. Neste sentido, o objetivo com esse experimento foi avaliar o efeito da utilização de subdoses de 2,4-D amina em diferentes estádios fenológicos sobre caracteres agronômicos da soja. Um experimento foi instalado a campo para avaliar o efeito dos fatores doses de 2,4D amina e estádio fenológico da soja no momento da aplicação. Os tratamentos foram composto pelas doses 4,03; 8,06; 12,09; 16,12; 20,15 e 24,18 g i.a.ha^{-1} e aplicações nos estádios fenológicos V4 e V8 da soja. O tratamento adicional não recebeu aplicação. Foi observado que subdoses de 2,4D aumentam o número de vagens de dois e três grãos, peso da matéria seca de raiz, número de ramificações reprodutivas e produtividade da soja. A dose que proporcionou melhores respostas em produtividade foi de 18,01 g i.a.ha^{-1} aplicada nos estádios fenológicos V4 e V4 + V8.

Palavras-chave: ácido diclorofenoxiacético, estádios de aplicação, Glycine max, mimetizadores da auxina, regulador de crescimento.

ABSTRACT

2,4-D AMINE AS A GROWTH REAGULATOR: DOSES AND STAGE OF SPRAY

Inside the soybean production environment, it has been common for growers to face adverse cropping situations. The main problems are related to biotic and abiotic factors. For this reason, the soybean plant not always reach growth standards considered as ideals, fact that affects its vegetative and reproductive development. Management technologies that make it possible to improve the development of shoot plant are interesting due to the correlation that this variable has with yield. In this sense, the objective of this experiment was to evaluate the effect of the use of 2,4-D amine subdoses in different phenological stages on soybean. The treatments were composed of doses 4.03; 8.06; 12.09; 16.12; 20.15 and 24.18 g a.e. ha^{-1} and applications over soybean plants at V4 and V8 phenological stages. Additional treatment consisted in a check without application. It was observed that 2,4-D amine subdoses increases the number of pods with two and three grains, root dry matter weight, number of reproductive ramifications and soybean yield. The dose that provided the best yield responses was 18.01 g a.e. ha^{-1} independently of the soybean plant phenological stages at the time of application.

Key-words: dichlorophenoxyacetic acid, stages of spray, *Glycine max*, auxin mimetizers.

1 INTRODUÇÃO

A soja é considerada uma das culturas mais importantes no mundo, tendo em vista que a utilização desta leguminosa é destinada para vários fins, como alimentação, fabricação de rações animais e produção de biodiesel, entre outros. No ranking dos maiores produtores mundiais de soja estão listados, em ordem decrescente, Estados Unidos, Brasil e Argentina, os quais em conjunto, correspondem a 82,1% da produção mundial (FAO, 2016). A safra brasileira 2017/18 apresentou produção de 119 milhões de toneladas, sendo a região Centro-Oeste a principal produtora de grão no Brasil com participação na produção de soja de 44,6% (CONAB, 2019).

Dados da safra 2016/17 mostram que Goiás apresentou produção próxima de 10.819,1 mil toneladas de grãos de soja, o que demonstra a importância que a cultura representa para o Estado. Apesar da boa adaptabilidade que esta cultura apresenta às condições edafoclimáticas da região, devido a sua grande extensão em área cultivada, a soja enfrenta diversas intempéries e cada vez mais são necessárias tecnologias que possam explorar ao máximo o potencial produtivo da cultura.

A produtividade na cultura da soja é extremamente dependente do número adequado de plantas por hectare, geralmente recomendada pelo detentor da variedade, e de uma boa distribuição destas na área de plantio. O ajuste desses fatores promoverá um bom arranjo de plantas, o que permitirá explorar o potencial produtivo da variedade.

Apesar do produtor buscar sempre bons arranjos de plantas, diversos fatores podem interferir negativamente nesta variável, como baixo vigor e baixa germinação da semente, más condições de plantio, má distribuição de plantas, seca ou excesso de chuva no estádio vegetativo. Todos esses fatores podem alterar significativamente o arranjo de plantas na cultura da soja, gerando plantas menores que não ocupam adequadamente os espaços dispostos na lavoura.

Neste aspecto, práticas de manejo que otimizem a distribuição de plantas (arranjo de plantas) podem ser opção de manejo para auxiliar os produtores na obtenção de maiores rendimentos, trazendo como benefício o fato de apresentar custo relativamente baixo.

A forma como a planta ocupa o espaço que lhe é disposto é de extrema importância do ponto de vista agronômico. A população de plantas adequada e distribuída uniformemente na área de cultivo permite otimizar o uso dos recursos do ambiente, tais como: água, luz e nutrientes.

Um fator de compensação no uso do espaço pela soja é a característica de plasticidade, definida como a capacidade que a planta tem de se moldar a diferentes situações mantendo os padrões de produtividade. O mecanismo que a planta utiliza é a diferenciação de folhas nas gemas laterais em hastes, proporcionando alteração no número de flores e vagens, adaptando-se assim a diferentes condições.

A principal característica responsável pela plasticidade na planta é sua arquitetura, que é definida por características genéticas que conferem ou não a capacidade de ramificação lateral. Outras variáveis são importantes na capacidade da planta ser plástica, como densidade populacional, e condições edafoclimáticas. Assim, as relações entre fitohormônios que interferem na dominância do crescimento apical ou de gemas laterais que modulam a arquitetura final da planta é ponto crucial para o melhor aproveitamento das condições que são disponibilizadas a planta.

Plantas com maior número de hastes laterais ocupam melhor a área e interceptam a luz que lhe é disposta de forma mais eficiente; consequentemente, as plantas com essa característica podem aproveitar melhor outros recursos como água, luz e nutrientes. Portanto, a característica de plasticidade morfológica confere às plantas adaptabilidade a diferentes condições de ambiente.

Não existe na literatura resultados de pesquisas mostrando a correlação que o 2,4-D pode ter na promoção de hastes laterais em plantas de soja. A literatura também não apresenta os motivos pelos quais o 2,4-D em subdoses pode acarretar maiores produtividades.

O objetivo com o trabalho de pesquisa é função da escassez de informações na literatura sobre o efeito do herbicida 2,4-D no ajuste da arquitetura de plantas de soja e na sua produtividade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, no município de Rio Verde (GO) no Centro de tecnologia e inovação GAPES, nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 17°52'04,93"S e 50°55'34,14"O com 740 m de altitude. O período de condução do experimento foi de 05/11/2017 a 05/03/2018.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2006). Antecedendo a instalação do experimento, foram coletadas amostras de

solo (camadas de 0 a 20 cm) para sua caracterização físico-química, os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Propriedades físico-químicas do solo em que foi conduzido o experimento com a cultura da soja Rio Verde (GO), 2017/2018

---- pH -----		---------- cmolc dm^{-3} ----------						mg dm^{-3}
CaCl2		Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	K	K	P(res)
6,2		6,49	4,97	1,52	0	1,9	0,42	166	19,9
---- g dm^{-3} ----		cmolc dm^{-3}	---------- % ----------						
M.O		CTC	V	Sat. Al	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC		H+Al / CTC
28,6		8,88	78,5	0,0	56,5	17,3	4,8		21,6
mg dm^{-3}		---------- mg dm^{-3} ----------				---------- Textura (g dm^{-3}) ----------			
S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte		Areia
4,4	0,12	1,4	21	48,9	1,2	400	75		525

Segundo a classificação de Köppen, o clima para a localidade é do tipo Aw, denominado de clima tropical com estação seca, caracterizado por apresentar chuvas mais intensas no verão em comparação ao inverno. As precipitações e temperaturas médias observadas durante a condução do experimento encontram-se na Figura 3.

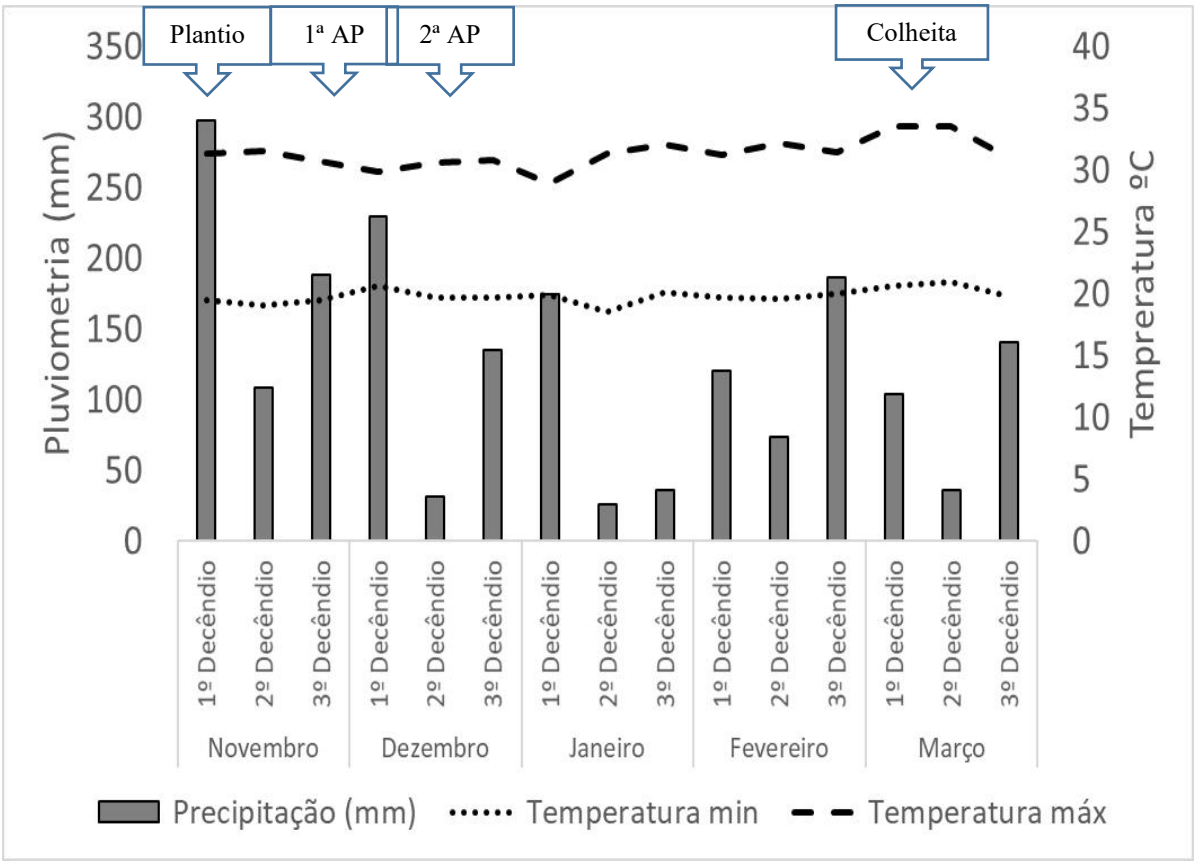

Figura 3. Temperatura e precipitação, de novembro de 2017 a março de 2018, coletados por estação automática no CIT GAPES de Rio Verde, GO.

O experimento foi instalado em uma área onde se cultivava braquiária em ciclos de cortes por pastejo animal. Posteriormente o solo da área foi corrigido com aplicação de calcário dolomítico na taxa de 3,5 toneladas por hectare e incorporado com grade aradora com discos de raio de 35cm. Em sequência foi aplicado a lanço 400 quilos de MAP por hectare seguido de gradagem niveladora e, por último, foram aplicados 150kg de cloreto de potássio seguindo recomendações do manual de fertilidade Cerrados (SOUSA et al., 2004).

A dessecação pré-plantio foi realizada com glifosato 720 g i.a. ha^{-1} dez dias antecedendo ao plantio. Após dez dias foi realizada uma aplicação de paraquat na dose de 300g i.a. ha^{-1} para o controle de plantas daninhas. Em pós plantio foi realizada apenas uma aplicação de glifosato 720 g i.a. ha^{-1} com 20 dias após a emergência da soja. O manejo de fungicidas foi realizado com duas aplicações de azoxtrobina + benzovindiflupir (60 + 30 g i.a.ha^{-1}) e a terceira aplicação de picoxtrobina + ciproconazole (30 + 24 g i.a.ha^{-1}). A primeira aplicação foi realizada quando a soja se encontrava em R1, a segunda 15 dias após a primeira e a terceira mais quinze dias após a segunda. O manejo de percevejos foi realizado quando se encontrava um percevejo por pano de batida e para estes foram necessárias duas aplicações com tiametoxan + lambdacialotrina (141 + 101 g i.a.ha^{-1}).

Para a semeadura da soja, foram utilizadas sementes da variedade Monsoy 7739 IPRO®, que apresenta ciclo médio (7.7), hábito de crescimento semi-determinado e com arquitetura que possibilita o engalhamento, com ampla adaptação geográfica e estabilidade produtiva nas diferentes regiões de cultivo. Foram semeadas 15 sementes por metro, obtendo-se estande recomendado de 13 plantas por metro. Para o tratamento de sementes foi utilizado tiametoxan (50g i.a.ha^{-1}) e metalaxil + fluxodionil (1,75 + 0,7 g i.a.ha^{-1}).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial (2 x 6) + 1 (Tabela 8), com quatro repetições. O primeiro fator corresponde à aplicação de 2,4-D em dois estádios fenológicos (V4 e V8); enquanto o segundo fator foi composto pela aplicação de seis doses deste herbicida (4,03, 8,06 ,12,09, 16,12, 20,15 e 24,18 g i.a. ha^{-1}). O tratamento adicional não recebeu aplicação do herbicida, totalizando 13 tratamentos.

Tabela 8. Lista de tratamentos no experimento 2,4D Amina como regulador na cultura da soja, Rio Verde (GO), 2017/2018

Produto Comercial	Ingrediente Ativo	Grupo	Dose (g i.a. ha^{-1})	Dose (pc $ml.ha^{-1}$)	Aplicações
Testemunha			-	-	
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	4,03	5	V4
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	8,06	10	V4
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	12,09	15	V4
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	16,12	20	V4
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	20,15	25	V4
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	24,18	30	V4
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	4,03	5	V8
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	8,06	10	V8
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	12,09	15	V8
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	16,12	20	V8
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	20,15	25	V8
DMA® 806	2,4D Amina	Herbicida	24,18	30	V8

As aplicações foram realizadas utilizando-se um pulverizador costal com pressurização por CO_2, munido de barra com seis pontas de pulverização do tipo TT 110-02, que regulado a 2,5 kgf cm^{-2} proporcionou volume de aplicação equivalente à de 150 L ha^{-1}.

Para a diferenciação dos tratamentos foram feitas avaliações como: altura de plantas, índice de acamamento, teor de clorofila, número de ramificações reprodutivas, massa de matéria seca de raiz e número de nós reprodutivos. Na observação dos componentes reprodutivos foram avaliados o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número total de grãos por planta, peso de cem grãos e produtividade.

Para a avaliação do índice de clorofila na planta foi realizada a leitura na 4ª folha mais nova de dez plantas por parcela utilizando o clorofilômetro marca Minolta (modelo SPAD-502). No momento da determinação, a folha avaliada estava totalmente desenvolvida e com máximo potencial de taxa fotossintética.

O índice de acamamento foi determinado atribuindo-se uma nota por parcela, seguindo a escala Bernard et. al. (1965). A altura de planta foi aferida com régua, medindo-se 10 plantas contínuas por parcela, quando as plantas se encontravam no estádio fenológico R8, e assim com o porte já definido.

Para determinar o número de ramificações laterais, excluiu-se a haste principal e considerou apenas as hastes laterais que apresentavam órgãos reprodutivos como vagens e flores. Foram coletadas dez plantas por parcela para definir a média. Para a quantificação da massa de matéria seca de raiz foram coletadas dez plantas por parcela com o auxílio de pá, retirando a raiz até 20 centímetros de profundidade. O material vegetal coletado e lavado foi

seco em estufa com temperatura ajustada a 65ºC até atingir peso constante. Em seguida foi pesado e determinou-se a produção de massa da matéria seca das raízes.

O número de nós reprodutivos foi determinado por meio da contagem dos pontos de inserção de vagens na haste principal, a partir da primeira inserção até o último nó da haste principal da planta. Para o número de vagens, no estádio fenológico R6 foram retiradas todas as vagens e separadas em vagens de 1, 2, 3 e 4 grãos. Para esta avaliação foram coletadas 10 plantas por parcela e calculada a média das amostras.

No estádio R8, quando as plantas se encontravam em ponto de colheita, as duas linhas centrais da parcela foram retiradas manualmente, eliminando-se 2 linhas laterais e 5 metros de cada extremidade, perfazendo uma área de 5m². Estas plantas foram trilhadas, os grãos pesados e foram retiradas amostras de cada parcela para se calcular o peso da matéria seca de 100 grãos. Para determinação do peso dessas duas variáveis a umidade foi ajustada para 13%.

Para a avaliação do efeito de dose e estádio fenológico nos momentos de aplicação, os dados foram submetidos a análise da variância. Havendo diferenças significativas entre os tratamentos, foi utilizado o teste de regressão para a variável dose e o teste de Tukey, a 5% de significância para a variável estádio fenológico. A análise dos dados foi realizada com uso do programa estatístico ASSISTAT.

3 RESUTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 9 que as características número de ramificações laterais, massa de matéria seca de raiz (MMR), número de vagens de dois (NV2) e três grãos (NV3) e produtividade (PRO) foram influenciadas pelo fator dose. A altura de plantas (ALT) e o número de nós reprodutivos (NNR) foram influenciados pelo estádio fenológico em que o 2,4-D amina foi utilizado. Nenhuma das características avaliadas apresentaram interação entre os fatores.

Tabela 9. Quadrado médio do resíduo das variáveis acamamento (ACA), altura de planta (ALT), índice de clorofila (CLO), número de ramificações (NR), massa de matéria seca de raiz (MMR), número de nós reprodutivos (NNR), vagens de dois (NV2) e três (NV3) grãos, número de grãos por planta (NGP), número de vagens por planta (NVP), peso de 100 grãos (PCG) e produtividade (PRO) em função de doses de produtos e dos estádios fisiológicos (EF) de aplicação na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018

Fatores de variação	GL	ACA	ALT	CLO	NR	MMR	NNR
DOSE	5	1,48	40,6	2,79	0,95*	0,00020*	1,27
EF	1	2,08	206,6**	7,20	2,80**	0,00000	5,10**
DOSE x EF	5	1,73	34,8	2,88	0,20	0,00001	0,20
Fat vs Test.	1	0,10	313,3**	4,00	0,87	0,00010**	0,12
CV (%)		41,31	6,28	4,02	10,27	14,92	5,96
Fatores de variação	GL	NV2	NV3	NGP	NVP	PCG	PRO
DOSE	5	67,6**	25,5*	555,9	110,0	0,700	674278**
EF	1	67,3	22,0	14,2	22,6	1,100	410331
DOSE x EF	5	26,4	8,54	240,4	40,4	1,081	98342
Fat vs Test.	1	60,3	18,4	818,1	147,2	0,872	1058543**
CV (%)		13,50	17,44	13,03	13,68	3,63	9,37

Prod: Produto; EF: Estádios Fisiológicos; Fat x Test: Contraste Fatorial versus tratamento adicional. **, *, ^{ns}, significativo a 1 e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

O acamamento é um fator extremamente estudado por fisiologistas e melhoristas, por ser uma característica vinculada ao genótipo da variedade e as condições ambientais que a planta é exposta. Fertilidade do solo, altitude e latitude em que a variedade está sendo cultivada, entre outras características ambientais, influenciam diretamente o crescimento e desenvolvimento da planta de soja. Uma variedade que cresce muito pode acamar, o que pode tornar menos efetivo o controle de pragas e doenças, além de diminuir a penetração de luz as partes inferiores da planta, causando perdas de produtividade.

Quando uma variedade adaptada a região é plantada utilizando-se sua população adequada espera-se que não haja crescimento excessivo e problemas com acamamento da planta. Durante a condução do experimento, não foi observado crescimento excessivo de plantas, o que gerou notas baixas para o índice de acamamento, segundo a escala de Bernard et. al. (1965). Por esta razão os tratamentos não diferiram em relação ao acamamento.

A Aplicação do 2,4-D amina interferiu na altura de plantas quando aplicado em V8, em todas as doses, exceto a de 8,06 g i.a ha^{-1} (Tabela 10) quando comparado a testemunha. O motivo pelo qual a aplicação em V4 não interferiu na altura das plantas pode ser devido as plantas se encontrarem em estágio vegetativo inicial e puderam se recuperar da aplicação, não causando diferenças em porte de planta ao fim do experimento. Esse comportamento diferiu daquele com aplicação em V8, em que esta foi realizada próxima ao estádio reprodutivo, fase do ciclo em que a planta se prepara fisiologicamente para transportar fotoassimilados para os

futuros órgãos reprodutivos, não havendo tempo e energia suficiente para a recuperação do porte.

Tabela 10. Acamamento, altura de planta e teor de clorofila, em função de doses de 2,4D amina e dos estádios de aplicação na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018

Dose de 2,4-D amina	ACAMAMENTO			Altura de planta (cm)			Teor de clorofila		
(g i.a. ha^{-1})	V4	V8	Média	V4	V8	Média	V4	V8	Média
	2,50	2,50	2,50	88,5	88,5	88,5	41,0	41,0	41,0
4,03	3,25	2,25	2,75	88,4	77,9-	83,2	40,4	39,9	40,1
8,06	1,75	2,00	1,88	79,1	79,4	79,2	38,0	40,9	39,4
12,09	2,50	2,50	2,50	79,1	76,3-	77,7	39,1	39,0	39,1
16,12	4,00	2,00	3,00	82,0	77,8-	79,9	39,9	40,9	40,4
20,15	2,75	3,25	3,00	78,3	76,4-	77,0	40,0	40,6	40,3
24,18	3,00	2,75	2,88	80,7	74,1-	78,8	40,1	41,0	40,5
Média	2,82	2,46	2,64	82,2a	79,0b	80,6	39,8	40,4	40,1
CV %		41,31%			6,28%			4,02%	

Médias com sinais de valor negativo e positivo diferem significativamente da testemunha sendo inferiores e superiores, respectivamente, segundo o teste Dunnet a 5%; Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Sprays & Press (1956) observaram que a planta é mais sensível a 2,4D em estádios mais tardios do que estádios mais precoces, com reduções no porte da planta apenas quando utilizadas maiores doses e aplicadas nos estádios de crescimento mais avançados. De acordo com resultados desse experimento, plantas que receberam a mesma dose de 193 g i.a. ha^{-1}, com alturas no momento da aplicação de 10 e 78cm, apresentaram altura final de desenvolvimento de 98 e 114cm, respectivamente. Observou-se também que as respostas apareciam em torno de 3 horas após a aplicação e em 48 horas após a aplicação se tinha o pico dos sintomas. Nas doses mais altas estes sintomas perduravam por mais tempo, enquanto nas doses mais baixas (48 e 96g i.a. ha^{-1}) os sintomas já começavam a desaparecer após 48 horas da aplicação.

Sintomas de epinastia foram percebidos a partir de 3 horas da aplicação neste experimento (Figura 4), após 24 horas os sintomas não eram mais visíveis.

Figura 4. Sintomas de 2,4D 8 horas após a aplicação do produto.

Outros sintomas, comuns a 2,4D amina, foram percebidos em outras avaliações (Figura 5 e 6), alongamento lateral dos pecíolos mais novos, porém estes não foram quantificados.

Figura 5. Fotos dos tratamentos 5 dias após a 1ª aplicação de 2,4D Amina, em estádio fenológico V4, comparado com a testemunha.

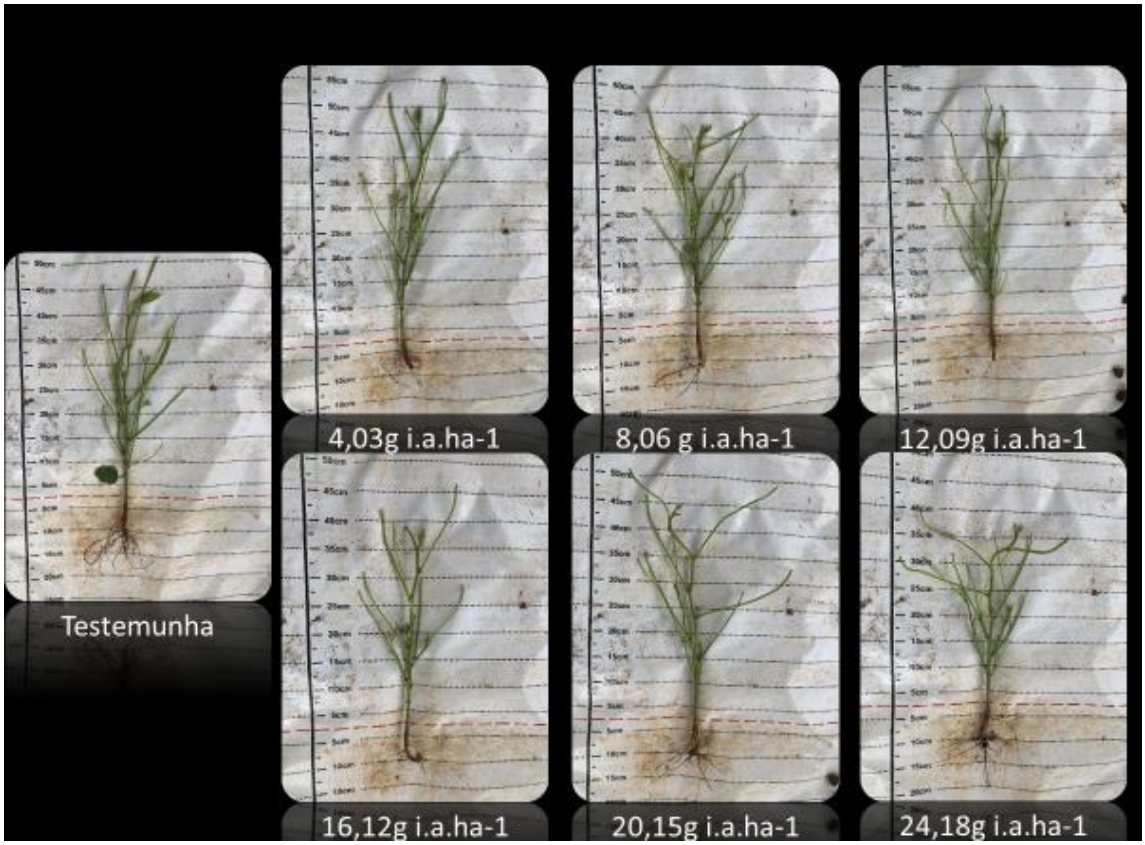

Figura 6. Tratamentos com 5 dias após a 2ª aplicação de 2,4D Amina estádio V8 e testemunha (42 dias após o plantio).

Robinson et al. (2013) aplicaram diferentes doses de 2,4D amina em plantas de três estádios de desenvolvimento e concluíram que o decréscimo da altura da planta de soja é dependente do estádio de aplicação. Foi visto que o estádio mais sensível a aplicação foi em V5, onde 33 e 84 g.e.a ha^{-1} foram suficientes para a redução de 5% e 10% da altura respectivamente. Os estádios V2 e R2 neste mesmo trabalho se mostraram menos sensíveis a aplicação de 2,4D amina. Este trabalho foi realizado com intervalos não equidistantes de doses, sem um modelo ajustado para avaliar alterações na altura promovida por subdoses. Talvez isto explique a grande diferença nos resultados para doses comparado a este experimento. Outro fator divergente pode ser função da variedade utilizada, a deste experimento pode ser mais sensível ao 2,4D amina.

O índice de clorofila (Tabela 10) não apresentou alterações na refletância das plantas, apesar de visualmente esta diferença aparecer em alguns momentos neste experimento. Folhas de plantas que receberam doses acima de 8,06 g.e.a. ha^{-1} mostravam-se mais verde escuras, até 48 horas após a aplicação.

Observa-se na tabela 11 que subdoses de 2,4D não influenciaram as variáveis NR e NNR. No entanto, promoveram o aumento de matéria seca de raiz em relação a testemunha. A

aplicação de 2,4D amina no momento de aplicação V4, promoveu o aumento de nós reprodutivos em comparação ao momento V8.

Tabela 11. Número de ramificações, massa de matéria seca de raiz e número de nós reprodutivos, em função dos estádios de aplicação e doses de 2,4D amina aplicados na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018

Dose de 2,4-D amina (g i.a. ha^{-1})	NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES			MASSA DE MATÉRIA SECA DE RAIZ (g $parcela^{-1}$)			NÚMERO DE NÓS REPRODUTIVOS		
	V4	V8	Média	V4	V8	Média	V4	V8	Média
	5,4	5,4	5,4	15,0	15,0	15,0	13,4	13,4	13,4
4,03	5,7	5,5	5,6	20,0	20,0	20,0	13,2	12,6	12,9
8,06	5,7	5,3	5,5	18,8	17,5	18,1	13,3	12,7	13,0
12,09	6,7	5,6	6,1	18,8	22,5+	20,6	13,8	12,8	13,3
16,12	6,6	6,3	6,4	20,0	18,8	19,4	14,2	13,1	13,6
20,15	6,3	5,8	6,0	20,0	21,3+	20,6	16,3	13,6	14,9
24,18	6,0	5,6	5,8	23,8+	22,5+	23,1	13,0	12,4	12,7
Média	6,1	5,6	5,8	19,5	19,6	19,6	13,9a	12,9b	13,4
CV %	10,27%			14,92%			5,96%		

Médias com sinais de valor negativo e positivo diferem significativamente da testemunha sendo inferiores e superiores, respectivamente, segundo o teste Dunnet a 5%; Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Espera-se que os reguladores de crescimento possam diminuir o porte das plantas ou redistribuir os fotoassimilados de forma que a planta ocupe melhor o espaço que lhe é disposto. Assim, o número de ramificações reprodutivas, número de nós reprodutivos e a massa de matéria seca de raiz, são características que podem alterar a morfologia da planta e promover a otimização do uso dos recursos do ambiente.

O número de ramificações reprodutivas, apesar de diferenças significativas para o fator dose (Tabela 9), apresentando comportamento quadrático (Figura 7), não se diferenciou em relação a testemunha, independente do momento da aplicação; tendo seu ápice entre as doses de 12,09 e 16,12g de i.a.ha^{-1} de 2,4D Amina, no entanto influência outras variáveis como massa de matéria seca de raiz o que pode promover o aumento de produtividade.

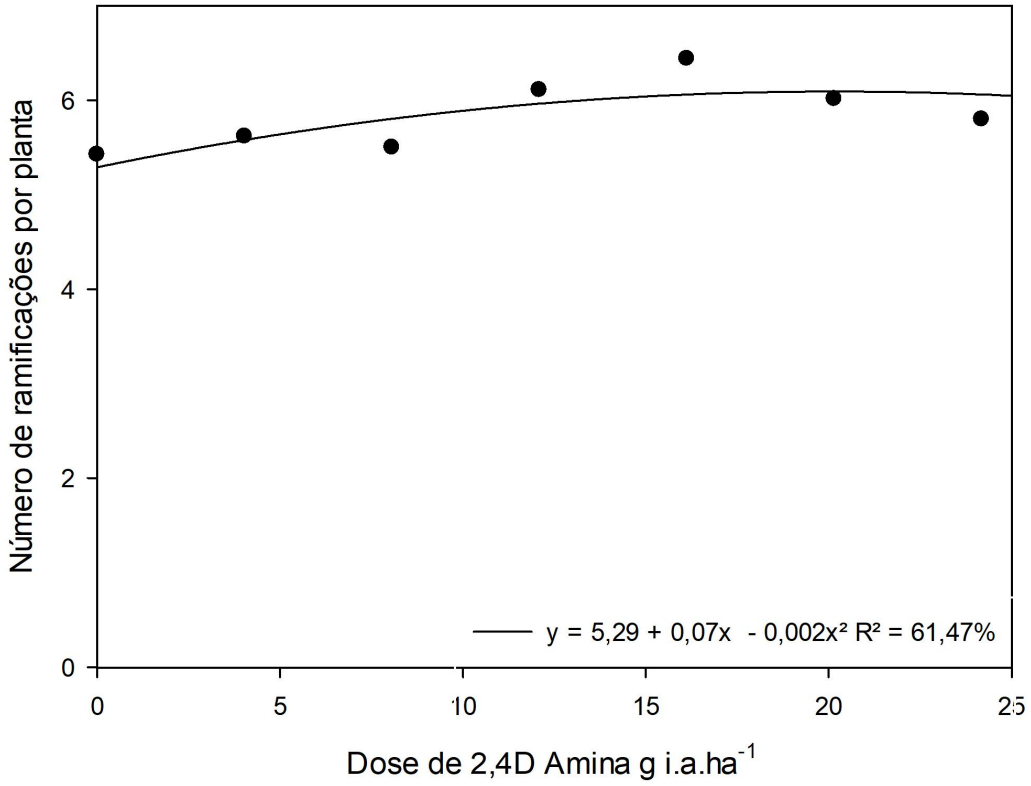

Figura 7. Equação de regressão para número de ramificações por planta em função das doses de 2,4D Amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18.

O 2,4D Amina é uma molécula que aplicada às plantas mimetiza ações da auxina, ou seja, é um análogo do fitohormônio ácido indol acético, o qual tem como uma de suas funções estimular a produção de raízes (TAIZ e ZEIGER, 2017). Neste contexto, o comportamento de resposta linear ao aumento de dose e os aumentos expressivos no crescimento de raiz é esperado (Figura 8). Resultados de pesquisas evidenciam que a auxina é extremamente importante nos estímulos ao crescimento, na elongação e divisão celular (Grieneisen, Xu, Marée, Hogeweg, & Scheres, 2007).

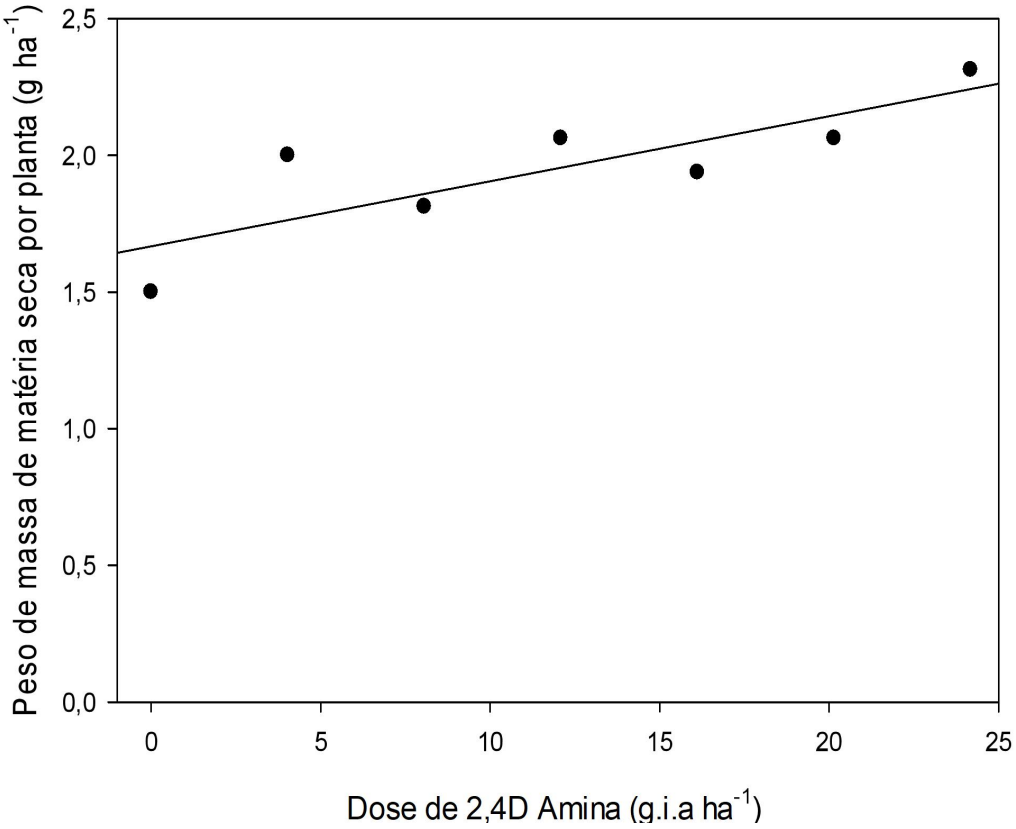

Figura 8. Equação de regressão para massa de matéria seca de raiz em função das doses de 2,4D Amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18.

Este resultado pode ser explicado por razão da diminuição de porte da planta. Assim os fotoassimilados que seriam utilizados em crescimento da parte aérea foram redistribuídos para o aumento de raízes. Sabe-se que a citocinina é produzida principalmente nos novos tecidos radiculares (TAIZ e ZEIGER, 2017). Portanto quando a planta produz mais raízes, essas sintetizam mais citocinina, que é transportada a parte aérea, onde promove estímulos para a diferenciação celular (TAIZ e ZEIGER, 2017), podendo promover melhoria nos componentes produtivos e assim trazer mais produtividade.

O número de nós reprodutivos é uma característica que influencia diretamente a morfologia da planta. Maior número de ramificações permite um número maior de pontos de inserção de gemas e, consequentemente, maior número de vagens. Esse ajuste na morfologia da planta permite melhor ocupação dos espaços vazios, melhorando assim o aproveitamento dos recursos, principalmente de luz. Dessa forma aumenta-se a capacidade de interceptação da luz e incrementa a taxa fotossintética, mesmo quando a luminosidade não for suficiente.

O número de nós reprodutivos teve influência do estádio da aplicação, (Tabela 12) correlacionando a redução do porte da planta, proporcionado pelo 2,4D Amina aplicado em V4, a planta pode ter redistribuído os fotoassimilados que seriam destinados a seu

crescimento para a formação de nós reprodutivos, este fenômeno é comum em experimentos com reguladores de crescimento (Buzzello, 2010; Rios, 2016). O motivo pelo qual o estádio V8 apresentou resultados inferiores pode ser explicado por, neste momento não haver tempo a planta alterar-se morfologicamente, pois a influência da preparação dos componentes reprodutivos (flores) ser mais preponderante para a direção dos fotoassimilados.

O número de grãos é uma característica que influencia diretamente a produtividade da soja, sendo um dos principais componentes de rendimento. Assim, plantas com mais pontos de inserção de vagens, podem aumentar o número de grãos e, consequentemente, a produtividade. Não foi observado aumento significativo no número total de grãos por planta (Tabela 12). Porém houve diferença no comportamento da distribuição de grãos, onde observou-se comportamento linear no número de vagens de três grãos e quadrática para o número de vagens de dois grãos (Figura 9).

Tabela 12. Número de vagens de dois e três grãos por planta e número total de grãos por planta, em função dos estádios de aplicação e doses de 2,4D amina aplicados na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018

Dose de 2,4-D amina (g i.a. ha^{-1})	Vagens de 2 Grãos por planta			Vagens de 3 Grãos por planta			Número total de grãos por planta		
	V4	V8	Média	V4	V8	Média	V4	V8	Média
	28,3	28,3	28,3	14,2	14,2	14,2	112,1	112,1	112,1
4,03	33,3	36,1	34,7	14,7	16,1	15,4	114,6	126,2	120,4
8,06	29,6	32,6	31,1	14,5	12,5	13,5	109,7	107,2	108,4
12,09	30,5	30,8	30,7	18,9	14,0	16,5	122,0	107,7	114,8
16,12	38,8+	35,4	37,1	18,5	17,3	17,9	137,0	127,9	132,5
20,15	28,3	32,5	30,4	18,7	17,9	18,3	119,1	122,9	121,0
24,18	26,2	33,6	29,9	17,6	17,0	17,3	109,7	125,2	117,5
Média	30,7	32,7	31,7	16,7	15,6	16,1	117,7	118,5	118,1
CV %	13,50%			17,44%			13,03%		

Médias com sinais de valor negativo e positivo diferem significativamente da testemunha sendo inferiores e superiores, respectivamente, segundo o teste Dunnet a 5%; Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A redução no porte da planta aliada ao aumento no número de ramificações e número de nós reprodutivos, pode ter causado uma melhor distribuição de órgãos reprodutivos na planta. Quando estes estão melhor distribuídos, tem-se fontes (folhas) mais bem dispostas sobre os pontos de frutificação, isto pode gerar maior número de vagens de 2 e 3 grãos no estádio R6, pois o transporte de fotoassimiliados da planta para as vagens será maior, e está

irá ter capacidade de formar mais grãos. Vale ressaltar que este tipo de avaliação leva em conta todas as vagens e número de grãos da planta no estágio R6 e não prediz eventuais perdas no processo de colheita, vagens de 2 e 3 grãos tendem a ter menores perdas na colheita devido a serem mais pesadas e talvez por isso essa característica possa trazer incrementos de produtividade.

Os intervalos doses que tiveram maiores números de vagens foram 8,06 a 16,12 para vagens de dois grãos e comportamento de forma linear para vagens de 3 grãos, ou seja, quanto maior foi a dose neste experimento maior a resposta para obtenção de vagens com este número de grãos.

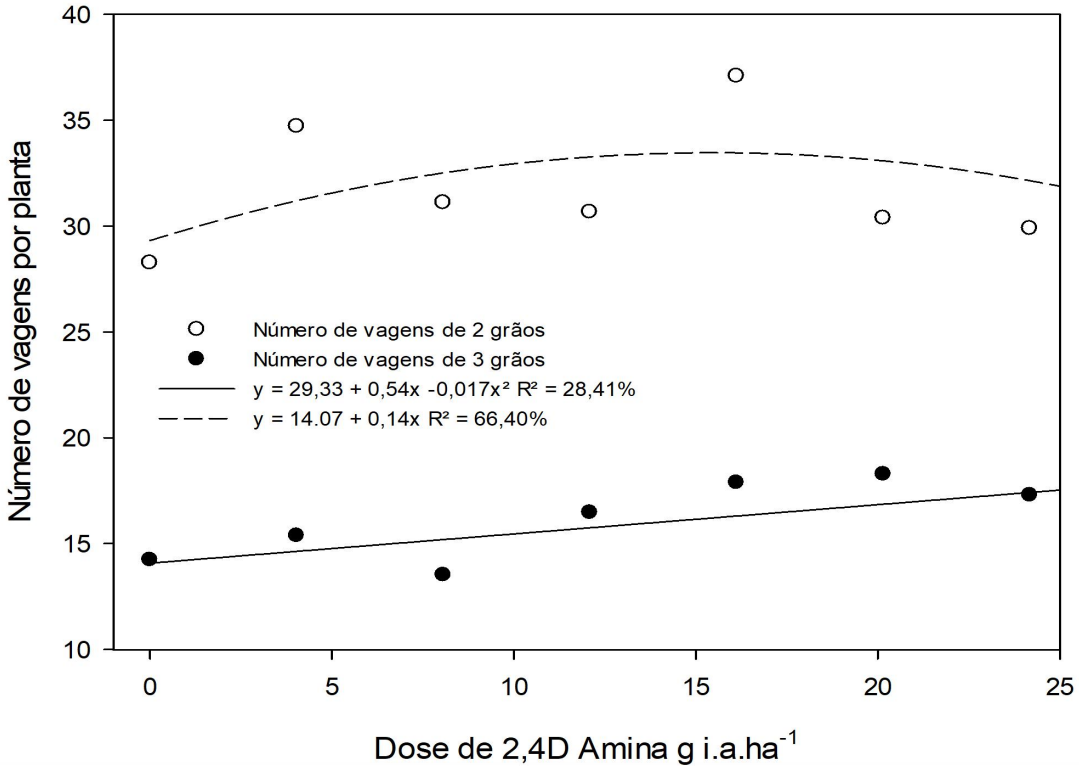

Figura 9. Equações de regressão para número de vagens de 2 e 3 grãos por planta em função das doses de 2,4D Amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18.

As características número de vagens e peso de cem grãos não foram alteradas pela utilização do 2,4D Amina, independente do estádio de aplicação (Tabela 13). A produtividade teve comportamento quadrático em relação a variável dose (Figura 10), sendo o estádio de aplicação não preponderante para as diferenças. A dose de 16,08 g.i.a.ha^{-1} respondeu significativamente diferente da testemunha nos dois momentos de aplicação e a dose de 20,15 g i.a.ha^{-1} respondeu no momento V8 a testemunha.

Tabela 13. Valores médios de número de vagens total por planta peso de cem grãos e produtividade, em função dos estádios de aplicação e doses de 2,4-D amina aplicados na cultura da soja. Rio Verde, 2017/2018

Dose de 2,4-D amina (g i.a. ha^{-1})	Número de vagens por planta			Peso de cem grãos (kg ha^{-1})			Produtividade (kg ha^{-1})		
	V4	V8	Média	V4	V8	Média	V4	V8	Média
	47,2	47,2	47,2	20,6	20,6	20,5	3349	3349	3349
4,03	52,1	56,5	54,3	21,4	20,1	20,7	3847	3825	3836
8,06	48,5	49,6	49,0	20,0	19,9	19,9	3828	3854	3841
12,09	54,1	48,8	51,5	19,8	20,0	19,9	3710	3916	3813
16,12	61,2	58,9	60,1	20,5	20,4	20,4	4191+	4188+	4189
20,15	52,1	55,5	53,8	20,2	19,9	20,0	3995	4418+	4206
24,18	49,2	56,1	52,7	21,7	19,8	20,7	3181	3659	3420
Média	52,0	53,2	52,6	20,62	20,15	20,39	3729	3887	3808
CV %	13,68%			4,94%			9,37%		

Médias com sinais de valor negativo e positivo diferem significativamente da testemunha sendo inferiores e superiores, respectivamente, segundo o teste Dunnet a 5%; Médias seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Diversos caracteres produtivos foram influenciados pelas aplicações de 2,4D Amina, o número de ramificações laterais, número de nós reprodutivos, a concentração de vagens de 2 e 3 grãos que culminaram em resultados no aumento de produtividade. As doses que aumentaram estas características encontravam-se no intervalo 12,09 e 20,15 g e.a.ha^{-1} (Figura 10), e por esta razão, também proporcionaram as maiores produtividades. A dose de máxima eficiência técnica foi 22 ml p.c.ha^{-1} ou 18 g e.a.ha^{-1} independente do estádio de aplicação utilizado. Resultados de pesquisas mostraram acréscimo de produtividade na ordem de 12 kg.ha^{-1}, nas doses de 11,2g.i.a.ha^{-1} de 2,4-D, com apenas 5% de injúrias quando aplicado no estádio V3 da soja (Andersen, Clay, Wrage, & Matthees, 2004).

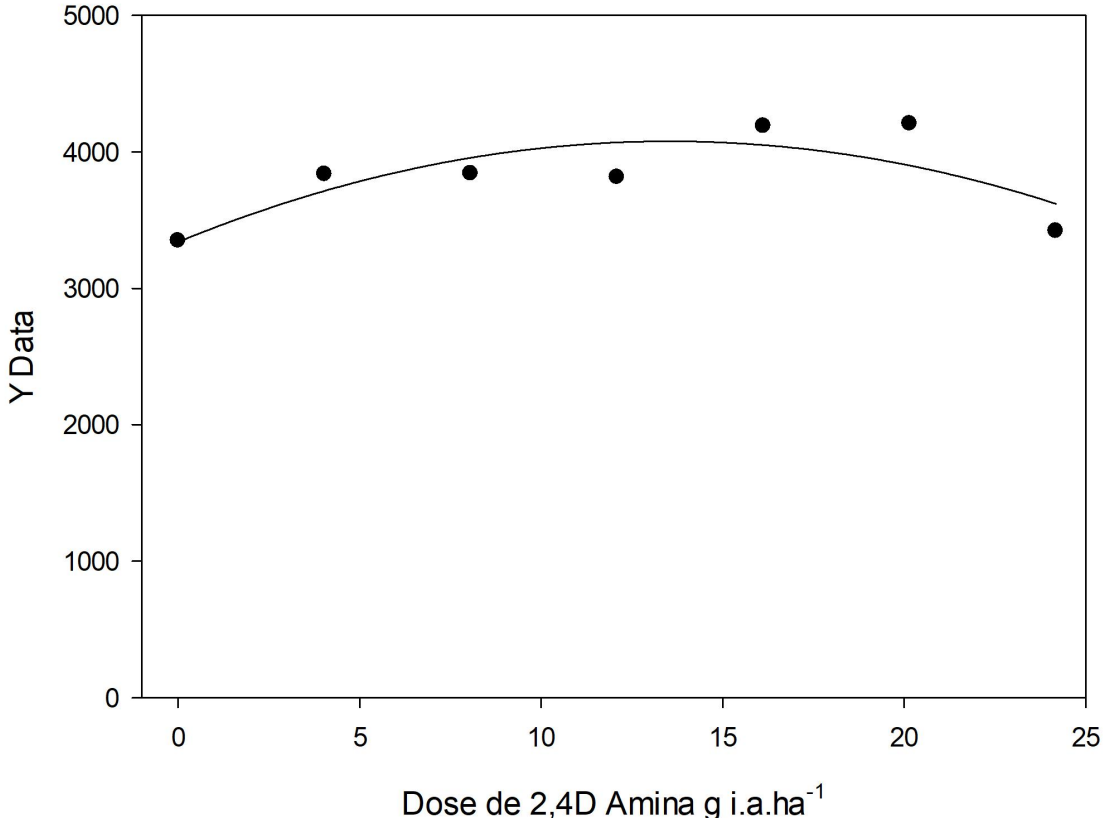

Figura 10. Equação de regressão para produtividade de soja (kg ha^{-1}) em função das doses de 2,4-D amina na soja M7739IPRO. Rio Verde, 2017/18.

Segundo Slife (1956), as doses de 70 e 140g i.a.ha^{-1} de 2,4-D não causaram acamamento de plantas e nem redução de produtividade quando aplicado em plantas com 10 e 20 cm de altura. De acordo com resultados de Experimentos conduzidos por Johnson et al. (2012), também não houve injúrias ou perdas de produtividade nas doses de até 5g i.a.ha^{-1} de 2,4D, mas houve quando se aplicou doses de acima de 78g i.a.ha^{-1},. Nos resultados dos trabalhos de Robinson (2013), foram observadas reduções de produtividade apenas em doses acima de 70g i.a.ha^{-1}, sendo que doses como 35g i.a.ha^{-1} não afetarem a produtividade da soja.

4 CONCLUSÃO

O produto 2,4D Amina quando aplicado em subdoses é responsável por:

Diminuir a altura da planta de soja e o número de nós reprodutivos quando aplicado no estádio V8;

Aumentar a massa de raízes independente do estádio de aplicação;

Aumentar o número de ramificações laterais;

Diminuir a distância entrenós quando aplicado em plantas de soja no estádio fenológico V8;

Aumentar o número de vagens de 2 e 3 grãos;

Aumentar a produtividade da soja na dose de 22 ml p.c.ha^{-1} ou 18g i.a.ha^{-1}.

REFERÊNCIAS

Bernard, R.L.; Chamberlain, D.W.; Lawrence, R.D. Results of the cooperative uniform soybean tests. Washington: USDA, 1965.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Boletim Grãos fevereiro 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2019.

Egan, F.E., K.M. Barlow, and D.A. Mortensen. 2014. A meta-analysis on the effects of 2,4-D and dicamba drift on soybean and cotton. Weed Sci. 62:193-206.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil, 2011. Londrina, 2014. 95p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT, Countrys by commodity, Soybean. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity> Acesso em: 25 de fevereiro de 2018.

Grossmann K (2000) Mode of action of auxin herbicides: A new ending to a long, drawn out story. Trends Plant Sci 5: 506–508

Grossmann K (2009) Auxin herbicides: Current status of mechanism and mode of action. Pest Manag Sci 66: 113–120

HAMMER, C.L.; TUKEY, H.B. The herbicidal action of 2,4-Dichlorophenoxyaceticacid and 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid on bindweed. Science, v.100, p.154-155, 1944.

HORVATICH, P.; SHAVARSKI, G. T. XXXVI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA. P. 41 Londrina, 2017

HRAC BR,. MODOS DE AÇÃO. <https://www.hrac-br.org/modo-de-acao> Acesso em: 09 de outubro de 2017

Inacio, Estela Maris. Impactos da deriva do herbicida 2,4-D em culturas sensíveis / Piracicaba, 2016. 93 p.

Johnson, V.A., L.R. Fisher, D.L. Jordan, K.E. Edmisten, A.M. Stewart and A.C. York. 2012. Cotton, peanut, and soybean response to sublethal rates of dicamba, glufosinate, and 2,4-D. Weed Technol. 26:195-2006.

Kelley KB, Riechers DE (2007) Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. Pestic Biochem Physiol 89: 1–11

MARTH, P.C.; MITCHELL, J.W. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid as a differential herbicide. Bot. Gaz., v.106, p.224-232, 1944.

McSteen P (2010) Auxin and monocot development. Cold Spring Harb Perspect Biol 2: a001479

MONSANTO. Variedades Monsoy. http://www.monsoy.com.br/variedades_monsoy Acesso em: 09 de outubro de 2017

Munro IC, Carlo GL, Orr JC, Sund KG, Wilson RM, Kennepohl E, Lynch BS, Jablinske M (1992) A comprehensive, integrated review and evaluation of the scientific evidence relating to the safety of the herbicide 2,4-D. J Am Coll Toxicol 11: 560–664

National Pesticide Information. 2,4-D <http://npic.orst.edu/factsheets/24Dgen.html#whatis>. Acesso em: 09 de outubro de 2017

Robinson A. P., Davis, V. M., Simpson, D. M., Johnson, W. G. Response of Soybean Yield Components to 2,4-D. Weed Science 61, January–March 2013

SLIFE, F. W., The Effect of 2,4-D and Several Other Herbicides on Weeds and Soybeans When Applied as Post-Emergence Sprays. Weeds, Vol. 4, No. 1 (Jan., 1956), pp. 61-68.

SONG, Y. Insight into the mode of action of 2,4- dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. Journal of Integrative Plant Biology. V5, issue 2 – 106-113. 2014

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado:correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 147-168.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2017. 7416p.

United States Environmental Protection Agency, Pesticides Industry Sales and Usage. 2017 14-15p.

Zhou G, Qi J, Ren N, Cheng J, Erb M, Mao B, Lou Y (2009) Silencing OsHI-LOX makes rice more susceptible to chewing herbivores, but enhances resistance to a phloem feeder. Plant J 60: 638– 648

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como considerações finais deste experimento, dentre todos os produtos testados o 2,4D amina tem potencial para alterar algumas características, como a diminuição de porte de planta, aumento no crescimento de enraizamento, diminuição de distância de entrenós, maior número de ramificações laterais e concentração de vagens de 2 e 3 grãos, que para esta variedade podem ser mais aproveitadas no processo de colheita. Todas estas alterações culminaram no aumento de produtividade.

Algumas ressalvas devem ser consideradas, a expansão celular é regida principalmente pela auxina e extremamente dependente de água para acontecer. Aplicações sobre stress hídrico devem ser testadas para se verificar qual o impacto desta aplicação sobre a cultura da soja, não se sabe se este aumento no crescimento das raízes pode ser observado e se os resultados relatados podem se repetir neste contexto.

Outro fator a ser estudado são variedades de ciclo precoce ou pouca plasticidade, ou seja, que não tenham capacidade de diferenciar folhas em hastes reprodutivas, sendo assim, mais trabalhos são necessários para a elucidação destas fontes de variação.