

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ

WILY FRANCISCO BARESTELLO CASTRO

EFEITO DE SUBDOSES DE 2,4-D EM SOJA I2X APLICADO EM DIFERENTES
ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

IVAIPORÃ

2023

Wily Francisco Barestello Castro

**EFEITO DE SUBDOSES DE 2,4-D EM SOJA I2X APLICADO EM DIFERENTES
ESTÁDIOS FENOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, como requisito parcial de avaliação para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Denis Santiago da Costa

IVAIPORÃ
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborado por André Luiz Ferreira Vidal - CRB 9/1767

C355e Castro, Wily Francisco Barestello.
Efeito de subdoses de 2,4-d em soja i2x aplicado em diferentes estádios fenológicos / Wily Francisco Barestello Castro. - Ivaiporã, 2023.
31 f.

Orientador: Prof. Dr. Denis Santiago da Costa
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Campus Ivaiporã - IFPR / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Biotecnologia - TCC. 2. Hormônios Vegetais - TCC. 3. Herbicida - TCC. I. Denis Santiago da Costa. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná. III. Título.

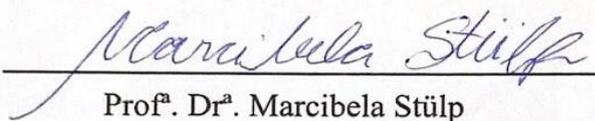
CDD 632.954

FOLHA DE APROVAÇÃO

Wily Francisco Barestello Castro

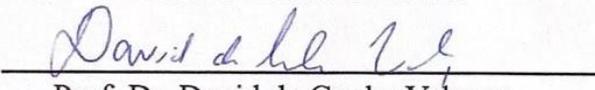
EFEITO DE SUBDOSES DE 2,4-D EM SOJA I2X APLICADO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

O presente trabalho em graduação foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof.^a. Dr.^a. Marcibela Stülz

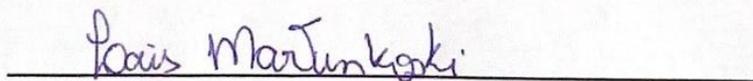
Instituto Federal do Paraná



Prof. Dr. David da Cunha Valença

Instituto Federal do Paraná

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal do Paraná, Campus Ivaiporã.



Coordenação do Curso Engenharia Agrônoma

Prof.^a. Me. Laís Martinkoski

Siape: 1227192



Prof. Dr. Denis Santiago da Costa

Siape: 1400880

Ivaiporã, 2023

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus amados pais Olivio e Rosangela por todo apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a minha família, ao orientador prof. Dr. Denis Costa. Aos professores do curso e aos técnicos do Campus. Aos colegas de turma, pelos anos vividos juntos e a todos que de alguma forma, direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho. Aos meus pais e irmãos, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

"Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre." - Paulo Freire

RESUMO

A soja é uma importante cultura devido ao seu valor nutricional e versatilidade de uso. A planta pode apresentar crescimento determinado ou indeterminado, com dois períodos produtivos: vegetativo e reprodutivo. A aplicação de subdoses de produtos oriundos do ácido 2,4-D, um mimetizador de auxina, pode apresentar efeito benéfico nas plantas, regulando o balanço hormonal e resultando em incrementos da produtividade. Isso pode ajudar a melhorar o desempenho das plantas em vários processos, como ramificações, altura da planta, número de vagens e grãos por vagem, na inserção da primeira vagem e no peso dos grãos produzidos. O objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de subdoses do herbicida 2,4-D sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da soja quando aplicado em diferentes estádios fenológicos da cultura. O ensaio foi realizado no sítio Nossa Senhora Aparecida localizado no município de Lidianópolis Paraná. A implantação do experimento foi realizada no dia 23 de outubro de 2022 onde foi considerado a germinação do lote de 94%. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, sendo adotado 4 blocos. Os tratamentos foram organizados em arranjo fatorial $4 \times 2 + 1$, sendo quatro doses de herbicida mimetizador de auxina a base de 2,4D (0,1; 1,0; 2,0; e 10,0%) em 2 estádios de desenvolvimento (V3 e V6), mais um controle sem nenhum tipo de aplicação. Os parâmetros avaliados foram a população final de plantas; produção de matéria seca; índice de clorofila nas folhas; altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem; número de nós; distancia de entre nó; número de ramificações; número de vagens por planta; números de sementes por planta; peso de mil sementes e produtividade. Com os dados obtidos no presente trabalho pode concluir-se que, o efeito de hormesis em soja com biotecnologia intacta 2xtend acontece apenas em dois parâmetros avaliados, no índice SPAD medido 17 dias após a aplicação e no peso de mil sementes, quanto ao número de ramificações já acontece um efeito reverso cujo o mesmo há uma redução na emissão, já nos outros parâmetros avaliados não constam resultados significativo quando comparados à testemunha.

Palavras-chave: *biotecnologia; hormesis; hormônios vegetais; herbicida*

ABSTRACT

Soy is an important crop due to its nutritional value and versatility of use. The plant can have determinate or indeterminate growth, with two productive periods: vegetative and reproductive. The application of sub-doses of products derived from 2,4-D acid, an auxin mimic, may have a beneficial effect on plants, regulating hormonal balance and resulting in increases in productivity. This can help improve plant performance in various processes such as branching, plant height, number of pods and kernels per pod, insertion of the first pod, and weight of kernels produced. The objective was to evaluate the effect of the application of sub-doses of the 2,4-D herbicide on the growth, development, and productivity of the soybean crop when applied at different phenological stages of the crop. The test was carried out at the Nossa Senhora Aparecida site located in the municipality of Lidianópolis Paraná. The implantation of the experiment was carried out on October 23, 2022, where batch germination of 94% was considered. The experimental design used was randomized blocks, adopting 4 blocks. The treatments were organized in a 4 x 2 + 1 factorial arrangement, with four doses of auxin-mimicking herbicide based on 2.4D (0.1; 1.0; 2.0; and 10.0%) in 2 stages of development (V3 and V6), plus a control without any type of application. The evaluated parameters were the final population of plants; dry matter production; chlorophyll index in leaves; plant height, first pod insertion height; the number of nodes; distance between nodes; the number of branches; the number of pods per plant; the number of seeds per plant; the weight of a thousand seeds and productivity. With the data obtained in the present work, it can be concluded that the effect of hormesis in soybeans with intact biotechnology 2xtend happens only in two evaluated parameters, in the SPAD index measured 17 days after application and in the weight of a thousand seeds, regarding the number of ramifications, there is already a reverse effect in which there is a reduction in emission since in the other evaluated parameters there are no significant results when compared to the control.

Keywords: *biotechnology; hormesis; plant hormones; herbicide*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 HIPÓTESE	9
1.2 OBJETIVOS.....	9
2. DESENVOLVIMENTO.....	10
2.1. METODOLOGIA	10
2.1.1 Descrição local.....	10
2.1.2 Implantação da lavoura	10
2.1.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	12
2.1.4 Avaliações.....	12
2.1.5 Análise estatística.....	14
2.2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.2.1 Importância econômica da soja e fenologia da planta	15
2.2.2 Biotecnologias.....	17
2.2.3 Efeitos horméticos em plantas	17
2.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	20
3. CONSIDERAÇÕES	28
REFERÊNCIAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma das plantas mais cultivadas no mundo, com excelente valor agregado sobre o grão. Isso se dá pelo fato dessa planta ser uma importante fonte de proteínas e com ampla gama de utilização como: alimentos, biocombustíveis e produtos químicos industriais.

Durante seu ciclo, a planta de soja pode apresentar crescimento determinado, indeterminado ou semi determinado, e é dividida em dois períodos produtivos que são os vegetativos e os reprodutivos, sendo o período vegetativo considerado desde a emergência (VE) da planta até o aparecimento da primeira flor (R1) e o reprodutivo da aparição da primeira flor (R1) até a maturidade fisiológica da planta (R8). O cultivo já tem um sistema de produção bem consolidado com uma produtividade média na safra 21/22 de 3029 kg há⁻¹ (CONAB, 2022), sendo que essa produtividade pode ser incrementada com pequenos ajustes durante o desenvolvimento da planta.

Hormesis é um efeito fisiológico onde substâncias em alta quantidades pode apresentar toxicidade às plantas, mas que quando aplicadas em pequenas doses podem ser benéficas para o metabolismo (SILVA, 2014). Alguns produtos herbicidas tem esse efeito pois afetam o metabolismo das plantas que em altas doses podem levam a morte, mas por outro lado, em doses reduzidas podem afetar significativamente o metabolismo (SILVA, 2014). Um dos herbicidas utilizados para provocar esse efeito são os oriundos do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), produto mimetizador de auxina que quando aplicado em dose comercial causa o efeito de imitar o hormônio auxina fazendo a planta ter um crescimento acelerado e desordenado, porém quando aplicado em subdoses, pode ter efeito benéfico nas plantas atuando como o regulador na planta, uma vez que a auxina são produzidas nas zonas meristemáticas das plantas como folhas jovens e brotações laterais e seu balanço é feito por um processo dinâmico entre produção transporte e degradação.

A partir de tal efeito hormético e tendo em vista as crescentes instabilidades climáticas observadas no campo de produção, a aplicação de subdoses pode gerar resultados positivos uma vez que a auxina, além de diversas funções na planta, também proporciona um melhor enraizamento, o que pode ajudar regular o balanço hormonal da cultura resultando em incrementos da produtividade, potencializando processos de ramificações, altura de planta, número de vagens e grãos por vagens, na inserção da primeira vagem e no peso dos grãos produzidos.

1.1 HIPÓTESE

Para fins de melhoria na arquitetura da planta e incremento de produtividade, lançou-se a hipótese de que há um ajuste dose-resposta de subdoses de 2,4-D quando aplicado em diferentes épocas sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da aplicação de subdoses do herbicida 2,4-D sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da soja quando aplicado em diferentes estádios fenológicos da cultura.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento bibliográfico sobre a cultura da soja e os efeitos de hormesis em plantas;
- Implantar um ensaio com delineamento experimental compatível com as condições institucionais e custo benefício;
- Avaliar características fitotécnicas do crescimento e desenvolvimento de plantas de soja como altura de planta, altura de inserção de primeira vagem, índice SPAD e número de ramificações
- Quantificar características fitotécnicas da produção e produtividade como número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de mil sementes e produtividade.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. METODOLOGIA

2.1.1 Descrição local

O ensaio foi realizado no sítio Nossa Senhora Aparecida, localizado no município de Lidianópolis, estado do Paraná, localizado nas coordenadas 24° 4' 45.75" S 51° 36' 37.54"O. De acordo com mapa de solo do Paraná, o solo predominante na região é NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico (SANTOS *et. al* 2018) e de acordo com a classificação de Koppen, o clima predominante é Cfa (clima subtropical com verões quentes) (ALVARES *et.al.* 2014). Para a realização do ensaio, foi escolhida uma área com solo homogêneo onde havia sido cultivado por dois anos consecutivos soja como cultura de verão e milho como cultivo de inverno. Antes do plantio da cultura o solo foi preparado com grade de disco 14 disco x 26 polegadas, e depois com grade de 32 disco x 18 polegadas para nivelamento do solo 30 dias antes do plantio.

De acordo com MAPA (2008), o solo é caracterizado como Tipo 3 (solos de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35%) com 74% de argila 21% de silte e 5% de areia. Quanto as características químicas do solo, o resultado da análise da fertilidade revelou matéria orgânica:3,1%; fósforo (Mehlich-1): 11,5mg/dm³; alumínio: 0 cmolc/dm³; cálcio:7,7 cmolc/dm³; magnésio:1,8 cmolc/dm³; potássio:0,84 cmolc/dm³; saturação de bases: 66%; pH CaCl₂ :5,2.

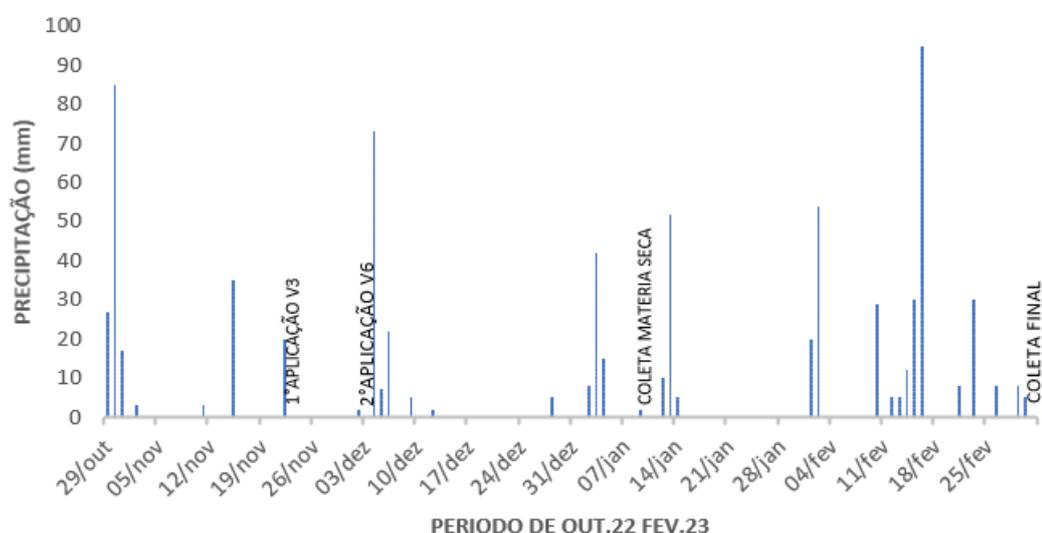
2.1.2 Implantação da lavoura

Na semeadura foi utilizada uma semeadora a discos da marca Tatu, modelo PST Plus de sete linhas, equipada com disco de corte de palhada, haste de sulcamento para distribuição do adubo, disco duplo para distribuição da semente, rodas para controle de profundidade da semente e leve compactador do solo para retirada de possíveis bolsões de ar.

A implantação do experimento foi realizada no dia 23 de outubro de 2022 onde foi considerado a germinação do lote de 94% determinada pela empresa vendedora da semente, profundidade de três centímetros, regulagem de 12,4 sementes por metro linear e adubação de base realizada com 250 kg há⁻¹ do formulado 01-19-14 (N-P₂O₅-K₂O).

A cultivar usada foi a Monsoy 6110 i2x com o seguinte tratamento: Clorantianiliprole 62,5%; Fipronil 25%; Tiofanato Metílico 35%; Fluazinam 5,25%; Mo 0,001%; Zn 0,001%; Polímero e Pó secante, que tem ciclo precoce ajustado ao Paraná com maturidade relativa 6.1, ótima sanidade foliar para mancha alvo e excelente potencial produtivo. O controle de pragas foi realizado quando atingiu nível de controle com aplicação tratorizada sempre no volume de calda de 200 litros há⁻¹ litros com bico modelo ADI 11002 amarelo espaçados à 50 cm um do outro e altura de 50 cm acima do ápice da planta, os produtos utilizados sempre foram utilizado a dose máxima recomendada, as pragas visualizadas que necessitou de controle foram percevejos, com duas aplicações com os ingredientes ativos imidacloprido + bifentrina na primeira aplicação e outra aplicação de tiametoxam, para ácaro branco, que necessitou de uma aplicação utilizando o ingrediente ativo abamectina, preventivo de doenças com três aplicações preventivas para ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) com os ingredientes ativos e na ordem de aplicação, picoxistrobina+ protioconazol, fluxapiraxade+ piraclostrobrina+ difenoconazol+ ciproconazol, e epoxiconazol+ fluxapiraxade+piraclostrobina, onde ainda assim foi constatada a aparição da doença no estágio vegetativo R7, para controle de plantas daninhas foram feitas duas aplicações do princípio ativo glifosato sendo a primeira quando a planta se apresentava em V2 tendo essa aplicação sendo feita em consórcio com clorimuron etílico, e a segunda aplicação com glifosato entretanto com sal do produto diferente do primeiro já quando as plantas se apresentavam em V7. A precipitação foi coletada todos os dias às 7 horas da manhã apresentado na figura 1.

Figura 1: Dados de precipitação obtida durante realização do trabalho e coleta de dados.



Fonte: Os autores

2.1.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, sendo adotado 4 blocos. Os tratamentos foram organizados em arranjo fatorial $4 \times 2 + 1$, sendo quatro doses de herbicida mimetizador de auxina a base de 2,4-D (0,1; 1,0; 2,0; e 10,0%) em 2 estádios de desenvolvimento (V3 e V6), mais um controle sem nenhum tipo de aplicação as doses foram definidas com base no estudo de Pinheiro (2020).

O produto comercial utilizado foi o u46 prime, da empresa Sumitomo Chemical, produto pertencente ao grupo das auxinas sintéticas com composição: sal de dimetilamina do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D Amina) 806,0 g/L (80,6% m/v); Equivalente Ácido 670,0 g/L (67,0% m/v); Outros Ingredientes 429,0 g/L (42,9% m/v). A aplicação foi realizada no final da tarde com temperatura fresca.

A aplicação foi realizada com bomba costal de 20 litros com bico modelo ADI 11002 amarelo, com uma vazão de 200 litros de volume de calda por ha, a uma altura de 0,5 metros com velocidade de aplicação de um metro por segundo. A preparação da calda foi feita com o auxílio de uma seringa graduada de 0,2 ml dosada para quantidade de água necessária para atingir a graduação mínima e dosagem ideal do produto por ha.

A área total do experimento consistiu em uma área de 7,2 x 36m, totalizando 259,2 m² e cada parcela tinha 1,8 x 4m, perfazendo 7,2m². Para a coleta das amostras foi considerada a área útil de 2 x 0,9m, totalizando 1,8m².

2.1.4 Avaliações

As seguintes avaliações foram realizadas nas parcelas:

- População final de plantas: realizada por meio da contagem de plantas no momento na área útil do experimento com resultados expressos em plantas há⁻¹.
- Massa de matéria seca: realizada a partir da coleta de 10 plantas ao acaso cortadas na base rente ao solo com uma tesoura de poda, ao lado da parcela útil, secas naturalmente em local coberto por 15 dias. Após esse período as amostras foram submetidas a secagem em estufa de circulação forçada por 24 horas à 60°C para garantir secagem completa e pesadas em balança de precisão marca Marte, modelo MS30, precisão 1 g. Os resultados foram expressos em g planta⁻¹.

- Índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*): determinado por meio de um equipamento clorofilômetro portátil, aos 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D, na terceira folha do ápice para a base no folíolo central em dez plantas na área útil do experimento.

- Altura de planta: determinado em 10 plantas selecionadas ao acaso na área útil do experimento. Inicialmente as plantas foram cortadas na base rente ao solo na região do coleto, usando uma tesoura de poda e a altura mensurada com uma régua graduada em mm até o último nó do ramo principal da planta de soja. Os resultados foram expressos em cm.

- Altura de inserção da primeira vagem: determinado nas mesmas plantas obtidas para determinação de altura de plantas. A altura de inserção da primeira vagem foi mensurada com uma régua graduada em mm até o ponto de conexão entre o fruto (vagem) e o pedúnculo. Os resultados foram expressos em cm.

- Número de nós: determinado a partir das mesmas plantas e contando o número de nós presentes na haste principal.

- Distancia de entrenó: obtido a partir da divisão da altura de plantas e número de nós por planta.

- Número de ramificações: determinado nas mesmas plantas obtidas para determinação de altura de plantas. O número de ramificações foi realizado pela contagem manual de ramos secundárias que continham inserido pelo menos uma vagem. Os resultados foram expressos em número de ramificações planta⁻¹.

- Produtividade estimada: determinada a partir da estimativa pelo cálculo do número de sementes x peso de mil sementes (gramas) x população há⁻¹ dividido por 1000. Os resultados obtidos foram expressos em kg ha¹.

- Número de vagem por planta (NVP): determinado nas mesmas plantas obtidas para determinação de altura de plantas. O NVP foi realizado por meio da contagem manual dos frutos da soja e o resultado expresso em número de vagens planta⁻¹.

- Número de grãos por planta (NGP): determinado nas mesmas plantas obtidas para determinação de altura de plantas. O NGP foi realizado por meio da contagem manual do total de grãos viáveis e os resultados expressos em número de grãos planta⁻¹.

- Peso de mil sementes (PMS): determinado nas mesmas plantas obtidas para determinação de altura de plantas. A partir das amostras obtidas de cada parcela foram separadas 8 repetições de 100 sementes e em seguida submetida a determinação da massa em balança analítica da marca Marte, modelo AD 330, e precisão de 0,01 gramas, Brasil (2009)

Paralelamente, foi realizada a determinação do grau de umidade das sementes usando um medidor de umidade da marca GEHAKA, modelo G300. O valor do PMS foi corrigido para base úmida de 13% e os resultados expressos em gramas.

2.1.5 Análise estatística

Os dados referentes ao ensaio foram analisados por meio da análise de variância usando o software R Studio por meio do pacote Tratamentos.ad. Inicialmente os dados foram testados quanto as pressuposições do modelo estatístico por meio da aplicação dos testes de Shapiro-Wilk (normalidade) e Bartlett (homogeneidade de variância). Para as subdoses de 2,4-D, considerou-se ajustes polinomiais de primeira e segunda ordem sendo o nível de significância adotado para o teste F de 5%. As comparações de médias entre as épocas de aplicação foram realizadas por meio do teste de Tukey a 5% e as comparações de médias com o tratamento testemunha realizadas por meio do teste de Dunnett a 5%.

2.2. REVISÃO DE LITERATURA

2.2.1 Importância econômica da soja e fenologia da planta

A soja (*Glycine max* L. Merrill) teve sua domesticação no nordeste da Ásia e desde então tem sido amplamente utilizada, principalmente no consumo animal, óleos vegetais e entre outros setores da indústria (FREITAS, 2011).

No Brasil a planta foi introduzida no estado da Bahia em 1882 e em 1914 alcançou sua melhor produção quando introduzida no estado do Rio Grande do Sul onde houve melhor adaptação por ser cultivada variedades originárias do EUA (FREITAS 2011).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção mundial oficial no ano 2021 foi de 355.370.766,69 toneladas, entretanto o estimado pela mesma é que a produção mundial tenha sido de 371.693.592,66 toneladas. Já na safra brasileira 21/22 a produção foi de 125,55 milhões de toneladas tendo uma área plantada de 41,452 milhões de há, com produtividade média de 3029 kg há⁻¹, tornando assim o grão mais importante em produção no país (CONAB, 2022).

A planta de soja é um vegetal com altura variável (60 e 150 cm em média), raízes profundas (podendo chegar a 200 cm) e que pode apresentar crescimento determinado, indeterminado ou semi-determinado e isso é caracterizado por ocasião da continuidade do crescimento após o início do florescimento ou não. A planta apresentar flores roxas ou brancas, vagens do tipo leguminosas e apresentam de 2 a 4 grãos por vagem (SEIXAS et.al, 2020). O desenvolvimento da cultura da soja é dividido em duas etapas: a fase vegetativa e a fase reprodutiva. A fase vegetativa começa com a emergência das plantas e é dividida em subfases, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos estádios fenológicos da soja

Estádios Fenológicos	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Emergência da plântula, cotilédones acima da superfície do
VC	Cotiledonar	Cotilédones completamente abertos e folhas unifoliol estendidas, de modo que as bordas não se tocam
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
V2	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvidas
V3	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvidas
V4	Quarto nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V5	Quinto nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V6	Sexto nó	Quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida
Vn	Enésimo nó	Ante enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida
R1	Início da floração	Uma flor aberta em qualquer nó do caule principal
R2	Floração plena	Uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com f completamente desenvolvidas
R3	Início na formação vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nó caule com folha completamente desenvolvida
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nó caule com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento dos grãos	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R6	Grãos completamente desenvolvidos	Vagem com grãos verdes preenchendo a cavidade das vagens de um dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvidas

R7	Início da maturação	Uma vagem normal no caule com coloração de madura
R8	Maturação plena	Maturação dos grãos com 95% das vagens com coloração madura

Fonte: (SEIXAS et al, 2020).

2.2.2 Biotecnologias

Segundo Santos (2021), no Brasil o uso do primeiro evento biotecnológico (transgênico) é datado em 2005 com a aprovação pelo CTNBio da soja Roundup Ready (RR), que trouxe para os produtores a solução de um dos maiores entraves da produção agrícola, que era o controle de plantas daninhas com o herbicida a base de sal de glifosato que não prejudicava a planta de interesse comercial.

Logo depois do sucesso da soja RR, em 2009 a BASF e a EMBRAPA aprovaram em parceria o segundo evento transgênico para soja, o qual promovia tolerância ao herbicida Soyvance. Em seguida, no ano de 2010, a Bayer aprovou o evento Liberty Link (LL) que se refere a tolerância ao herbicida glufosinato de amônio e no mesmo ano a empresa Monsanto lançou a segunda geração de transgênico com a tecnologia Intacta RR2 PRO. Entre 2015 e 2017 a Dow Agrosience obteve a aprovação dos eventos Enlist 3 e Conkesta Enlist 3 e também no ano de 2017, seguido do ano de 2018, foram aprovadas pelo CTNBio a soja Xtend e Intacta 2 Xtend (PAZINATO, 2022).

A biotecnologia intacta 2 Xtend é a terceira revolução na introdução de gene em plantas de soja resultado da introdução do gene *dicamba monooxygenase* (DMO), extraído a partir da bactéria *Pseudomonas maltophilia* (cepa DI-6). Esta introdução visa criar a resistência da planta ao herbicida dicamba (ácido 3,6-dicloro-2-metoxibenzóico), o qual é um herbicida de auxina sintética (mimetizador de auxina) que atua no controle de plantas daninhas de folha larga (PAZINATO, 2022).

2.2.3 Efeitos horméticos em plantas

A hormesis é um efeito provocado por subdoses de substâncias tóxicas que podem ser benéficas ao desenvolvimento de plantas, com efeitos tanto em um melhor desenvolvimento de

algumas regiões da planta e subdesenvolvimento de outras partes, tais como diâmetro de caule, altura de plantas, acúmulo de matéria seca e biomassa (SILVA, 2014).

Para Jalal et.al (2021) esse efeito vem sendo amplamente estudado por ocasião das doses respostas que podem apresentar sob as plantas. Segundo os autores, o fenômeno pode ser produzido por vários fatores compostos, dentre eles os metais pesados, herbicidas e pesticidas em que o acúmulo deles tem causa a síntese de espécie reativa de oxigênio (EROs), onde esse efeito tem por características o aumento de produção de antioxidantes. Dentre os herbicidas mais utilizados para a promoção de hormesis está o glifosato que muito se estuda por sua ampla distribuição sobre todo mundo e seu modo de ação nas plantas. Outro princípio ativo muito utilizado é o 2,4-D embora ele seja seletivo e amplamente utilizado para controle de plantas daninhas quando aplicado em subdoses promove o equilíbrio celular nas plantas. O estresse pode ser provocado em diversos sítios de atuação, todavia cada sítio necessita de diferentes substâncias para estimular a EROs e proporcionar efeitos positivos na planta, através dos bioestimulantes é possível regular o desempenho das plantas usando agentes em baixas doses. É fundamental adquirir conhecimento sobre o sistema de defesa adaptativa vegetal, incluindo seu funcionamento, modo de ação e, em seguida, aplicar métodos para superar e controlar a desintoxicação de ROS, minimizando assim os efeitos prejudiciais do estresse oxidativo nas plantas.

De acordo com Pinheiro (2020) os efeitos são positivos para a planta quando apresentam incremento em qualquer variável avaliada, já quando há uma redução na variável não pode ser considerado como hormesis. Sendo assim, alguns herbicidas, tais como glifosato, lactofen, imazetapir, clorimuron tem sido utilizado em subdoses para proporcionar efeitos de hormesis em plantas por atuar em diferente em vias metabólicas da planta.

Em estudos sobre aplicação de subdoses de glifosato em cana de açúcar, Moreira (2022) pode verificar que produção de biomassa das plantas foi afetado em um intervalo de subdoses, porém quando aumentado a dose, o efeito tendeu a ser negativo no crescimento, porém com acúmulo dos açúcares nas zonas de armazenamento das plantas.

Segundo Bortolheiro e Silva (2021), na cultura do feijoeiro, a aplicação de subdoses de glifosato apresentou resultados significativos na produção tanto na safra de inverno quanto na safra de verão, porém com dosagens diferentes do herbicida para tal efeito, a época em que foi aplicados o herbicida resultou em efeitos diretos nos resultados, ainda foi possível observar o acúmulo de nutrientes na folha quando aplicado durante a estação das secas, e quando aplicado na estação das chuvas não ou acréscimo nas folhas, mas nos grãos produzido houve.

Em algodão, Ferrari (2015) verificou que a aplicação de subdoses de glifosato associado com reguladores de crescimento aumenta a concentração de magnésio e nitrogênio nas folhas e uma vez que esses elementos são constituintes da molécula de clorofila, faz com que haja um aumento no índice SPAD de clorofila nas plantas.

Para Pereira (2022) os herbicidas 2,4-D, Lactofen e Imazetapir, quando usados em subdoses na cultura da soja também resultaram em resultados positivos em parâmetros fitotécnicos da produção com maior altura das plantas, altura de inserção da primeira vagem, ramos por planta, número de vagens e número de grãos.

Silva *et al.* (2020) verificou efeitos positivos para algumas variáveis no desenvolvimento da cultura da soja como altura de plantas, diâmetro do caule, acúmulo de biomassa e matéria seca, foram verificados através do uso de subdoses de clorimuron proporcionando efeitos horméticos esperado

A grande maioria dos herbicidas utilizados no efeito hormético tem a ação de inibir vias metabólicas, todavia existe uma exceção como é o caso de antagonistas de auxina, herbicidas que causa um crescimento descontrolado das partes mais jovens das plantas levando-as à morte (SILVA, 2014).

Segundo Taiz e Zeiger (2009) a em 1930 a auxina foi definida como sendo o ácido indol-3-acético (AIA), ainda diz que toda independente da substância seja ela química, natural ou sintéticas que causam crescimento dos coleótilos ou parte do caule, alongamento celular em coleótilos e segmentos de caules alongamento celular em coleótilos e segmentos de caules, e formação de raízes adventícias em folhas ou caules destacados pode ser considerada como auxina.

Sendo auxina um hormônio produzido naturalmente pelas plantas para pleno desenvolvimento das raízes e brotações da parte aérea sendo que quando a concentração desse hormônio é aumentada por meio da aplicação de antagonistas de auxina, promove um crescimento desordenado da parte aérea da planta, a qual não suporta tal crescimento levando a morte (SILVA *et. al.*, 2019).

Mimetizadores de auxina são herbicidas pertencem ao grupo O dos herbicidas, sendo os mais conhecidos pelos agricultores o dicamba, fluroxypyr, triclopyr, picloram, quinclorac, MCPA e 2,4-D. O 2,4-D é um produto altamente seletivo para folha estreita em estádios iniciais de desenvolvimento e amplamente usado para o controle de plantas daninhas de folha larga (PINTO, 2020).

Esses herbicidas do grupo O agem nos mesmos locais que o ácido indolacético (AIA) o qual proporciona os mesmos efeitos do hormônio nas plantas, os quais em grandes doses causam um crescimento descontrolado nas plantas, resultando em mobilização de suas reservas nos locais meristemáticos ocasionando epinastia nas plantas e conseqüentemente a morte das plantas ao decorrer dos dias (ROMAN et.al. 2005)

Estudos sobre os efeitos da aplicação de subdoses de mimetizadores de auxina tem sido realizado na pesquisa para fins de provocar na planta alterações positivas resultando em incrementos de produtividade.

Pinheiro (2020) realizou um estudo sobre o efeito de hormesis na cultura da soja sob efeito da aplicação de 2,4 D. De acordo com o autor, independentes dos estádios de desenvolvimento da lavoura de soja, a aplicação de 2,4-D (sal colina) demonstrou efeito de hormesis nas plantas, tendo em vista maior visualização de injúrias nos estádios iniciais de desenvolvimento e necessitando de valores maiores de ingrediente ativo quando aplicados já em estádios reprodutivos.

Pereira et al. (2022) observou efeitos positivo da aplicação de 2,4-D em plantas de soja para altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de ramos, vagens e grãos por planta, todavia efeitos negativos foram encontrados para o peso de mil sementes, indicando a necessidade de regular doses para incrementos totais de produção. Adicionalmente, outros efeitos positivos na aplicação de 2,4-D também têm sido evidenciados em outros estudos como em Silva et al. (2020) e Silva et al. (2019).

2.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados obtidos para população de plantas, massa de matéria seca, SPAD 1 e SPAD 2, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de nós, número de ramificações e distância entre os nós atenderam aos pressupostos do modelo estatístico para normalidade, avaliado pelo teste Shapiro-Wilk, e para homoscedasticidade, avaliado pelo teste de Bartlett, indicando a possibilidade de aplicação da análise estatística paramétrica (Tabela 2). Ainda de acordo com a mesma Tabela 2, foi possível verificar que a adoção do sistema em blocos ao acaso foi eficaz uma vez que houve interferência do fator bloco para população de plantas, massa de matéria seca, SPAD 2. No tocante da comparação da testemunha com os tratamentos que receberam alguma subdoses de 2,4-D, foi observado efeitos significativos para os parâmetros população de plantas e número de ramificações. Quanto analisado os ajustes polinomiais, foi observado interação para massa de matéria seca, SPAD 1, SPAD 2, altura de

planta, altura de inserção da 1ª vagem, número de nós e ramificações. Por fim, cabe destacar que os valores de coeficiente de variação ficaram todos abaixo de 15%, indicando coerência nos resultados.

De acordo com Pimentel-Gomes (2009), para experimentos de campo com culturas agrícolas, que considera os valores de CV como baixos, quando são inferiores a 10%, médios, quando estão entre 10 e 20%, altos, quando estão entre 20 e 30%, e muito altos, quando são superiores a 30%.

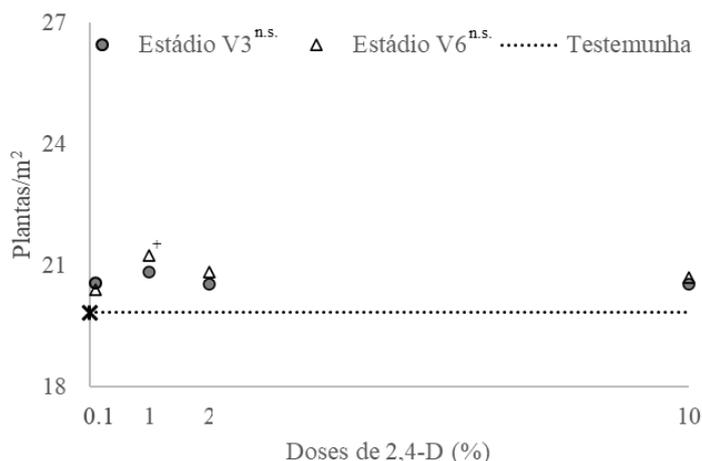
Tabela 2. Resumo do quadro de análise de variância sob variáveis vegetativas para efeitos da aplicação de subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos da soja.

Resumo da anava	Graus de liberdade	População de plantas	Massa seca	SPAD1	SPAD2	Altura plantas	Altura Vagem	Nós	Dist. Entre Nós	Ramificações
.....Pressupostos do modelo estatístico (P valor).....										
Normalidade (Teste Shapiro-Wilk)	-	0,8843	0,1074	0,4303	0,6953	0,5396	0,3957	0,08802	0,7357	0,3007
Homocedasticidade (Teste de Bartlett)	-	0,3403	0,9985	0,4175	0,9199	0,6843	0,1006	0,907	0,4536	0,7406
.....Significância do teste F Pr > f.....										
Doses (D)	✓ (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4-D - Mod.Linear	1	0,69835	0,00284*	0,61298	0,08034	0,0017*	0,06171	0,06037	0,02927*	0,06229
2.4-D - Mod.Quadrático	1	0,41923	0,06456	0,21068	0,18871	0,04176	0,32654	0,03675*	0,74692	0,96475
2.4-D - Mod.Desvios	1	0,07668	0,52178	0,7526	0,06063	0,36434	0,58151	0,06538	0,40631	0,46536
Estádio fenológico (E)	✓ (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dose d. V3	1	0,97806	0,0763	0,0001*	0,01577*	0,00459*	0,0178*	0,04298*	0,09673	0,71633
Dose d. V6	1	0,84393	0,00888*	0,0003*	0,98738	0,07367	0,82202	0,01479*	0,13423	0,02464*
Test x Tratamentos	✓ (1)	0,01105*	0,46162	0,91788	0,18497	0,40739	0,74019	0,82839	0,19096	0,0374*
Bloco	3	0,0001*	0,0097*	0,69715	0,00375*	0,7259	0,05258	0,19173	0,32488	0,51407
Coefficiente de variação		2,83	12,38	2,13	1,81	6,95	11,46	5,6319	5,793	13,25

Valores com * diferiram significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey ou Dunnet

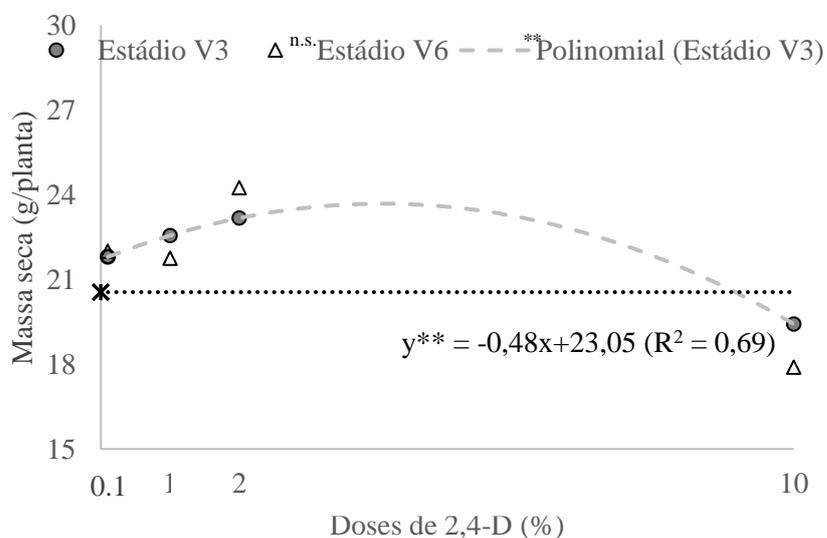
A emergência de plântulas, conforme destacado anteriormente, ocorreu 5 dias após a implantação do experimento e foi prejudicada pela baixa precipitação ocorrida no local do ensaio. Sendo assim, houve uma desuniformidade de emergência que resultou em significância para a comparação entre o tratamento aplicação da subdose de 1% de 2,4-D no estágio V6 com a testemunha (Figura 2).

Figura 2. População de plantas de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes.



No parâmetro massa de matéria seca houve interação entre as subdoses de 2,4-D e as épocas de aplicação do herbicida, sendo verificado ajuste ao modelo polinomial de 1ª ordem para aplicação no estádio V₆, ainda que esse ajuste não tenha sido diferente da testemunha. Foi observado comportamento decrescente da massa de matéria seca conforme as subdoses de 2,4-D foi aumentando (Figura 2). Uma possível explicação para o decréscimo da massa de matéria seca é que como em V₆ a planta tem um maior número de nós, ao receber a subdose do herbicida mimetizador da auxina, isso poderia influenciar significativamente na emissão de novas ramificações, uma vez que uma das funções da auxina é exercer dominância sobre gemas laterais no ramo principal (TAIZ *et al.*, 2017).

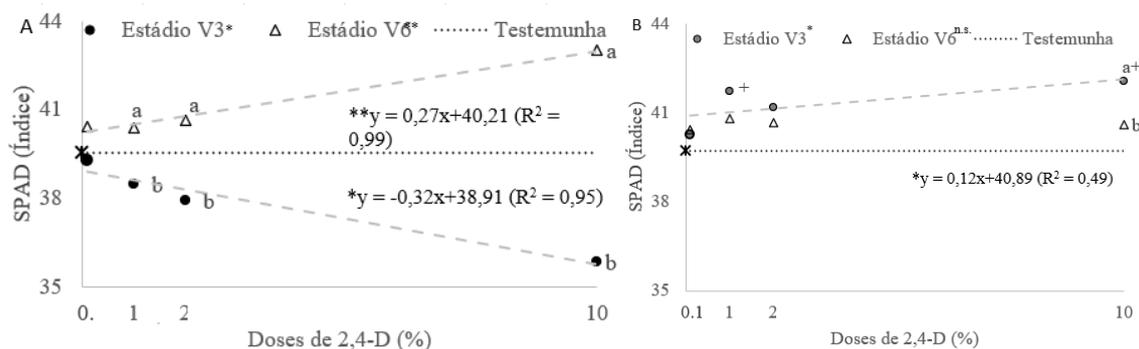
Figura 3. Massa de matéria seca plantas de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes.



Na primeira medição do índice SPAD, avaliada 17 dias após a aplicação das subdoses em V3 e 7 dias após a aplicação no estágio V6 (Figura 3A), foi observado um decréscimo no índice SPAD para a aplicação no estágio V3 e um acréscimo no estágio V6, todavia, ambos sem diferenciar da testemunha. Assim foi possível verificar que os tratamentos que haviam sido tratadas com o herbicida a menos tempo (V6) quando comparadas com as plantas tratadas a mais tempo (V3) a qual apresentou um decréscimo. Na segunda medição do índice SPAD, as plantas tratadas em V6 haviam tido uma carência de 17 dias e as plantas tratadas em V3 tinham uma carência de 27 dias da aplicação. Nessa avaliação houve um ajuste polinomial apenas para o tratamento no qual houve aplicação no estágio V3, com significância em relação a testemunha para as subdoses de 1% e 10% da dose recomendada de 2,4-D.

De acordo com Kerbaui (2004), a auxina tem efeito supressor ao do etileno, sendo esse último um hormônio de senescência da planta. Assim, o incremento de subdoses de auxina teria o potencial de retardar a senescência das folhas, resultando em maiores valores de clorofila, otimizando o processo de fotossíntese, o que seria uma possível explicação para o resultado encontrado nesse ensaio.

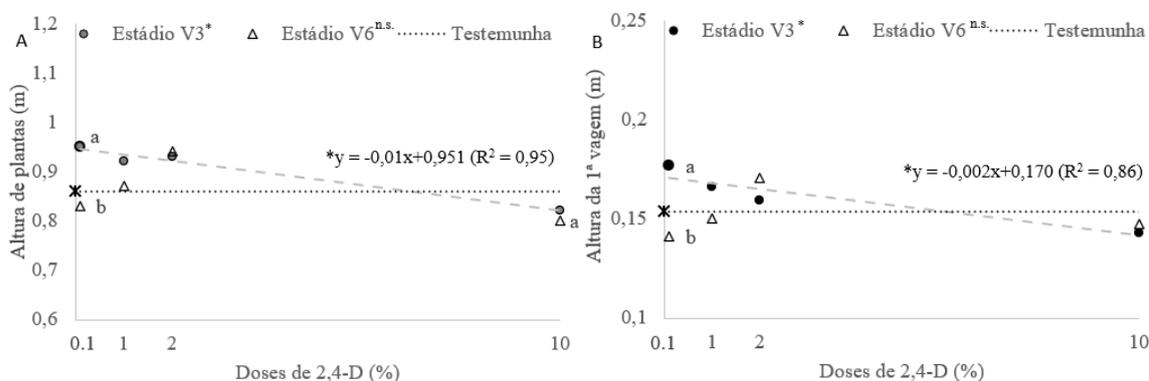
Figura 4. Índice SPAD em plantas de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes. A – Avaliação aos 17 dias após a aplicação de V3; B – Avaliação aos 17 dias após aplicação em V6.



Para a altura de plantas e altura de inserção da 1ª vagem (Figura 4) o comportamento dos dados foi similar, com ajustes polinomiais de primeira ordem para aplicação em V3, todavia sem diferir da testemunha. Em ambos os parâmetros houve decréscimo conforme ocorreu o aumento de doses de 2,4-D nas plantas de soja. Esse comportamento foi inesperado de acordo com os efeitos da aplicação de 2,4-D encontrado na literatura. De acordo com Roman et al. (2005), um dos efeitos da aplicação de 2,4-D em plantas é o nomeado efeito de epinastia,

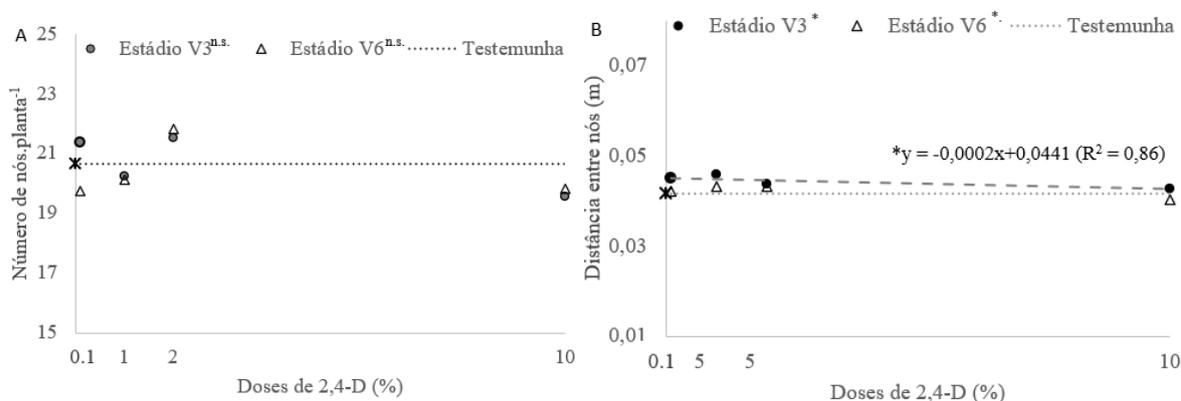
quando ocorre um crescimento acelerado da haste das plantas, resultando em grande fonte de dreno.

Figura 5. A – Altura de plantas e B – Altura de inserção da 1ª vagem de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes.



O número de nós de por planta (Figura 5) teve comportamento de estabilidade embora com tendência a decréscimo se aumentada a dose do herbicida, já na distância de entrenó como está diretamente ligado com a altura de planta e número de nós, assim com a altura de plantas e a epinastia provocada pelo aumento das doses de 2,4-d e seu respectivo dreno causado durante o fenômeno de epinastia proporcionou redução da altura de plantas e distância de entrenós.

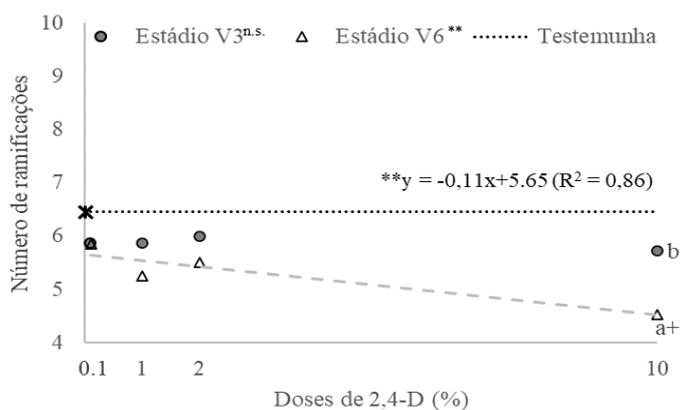
Figura 6: A - número de nós por planta B – distância de entrenó de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes.



Observou-se uma redução no número de ramificações quando se analisou esse parâmetro em comparação com o grupo controle. Esse fenômeno pode ser atribuído ao efeito da auxina, que provoca a dominância apical sobre as gemas laterais da planta, resultando na morte das ramificações. No entanto, devido ao fato de as gemas com capacidade de proliferação

não estarem completamente desenvolvidas na aplicação em V3, a dominância apical foi menor. Quando a aplicação foi feita em V6, observou-se uma maior dominância apical da planta à medida que a dose do produto aumentava. Todavia, não foram obtidos resultados significativos até atingir a dose de 10% aplicada em V6, que se mostrou significativamente inferior à do grupo controle. Esses resultados contradizem as descobertas de Pinheiro (2020), onde nenhuma variação significativa foi encontrada em seu estudo.

Figura 7: Número de ramificações de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes.



Os dados obtidos para número de vagens por planta, número de sementes por planta, peso de mil sementes e produtividade atenderam aos pressupostos do modelo estatístico para normalidade, avaliado pelo teste Shapiro-Wilk, e para homoscedasticidade, avaliado pelo teste de Bartlett, indicando a possibilidade de aplicação da análise estatística paramétrica (Tabela 3). Ainda de acordo com a mesma Tabela 3, foi possível verificar que a adoção do sistema em blocos ao acaso foi eficaz uma vez que houve interferência do fator bloco para número de vagens e número de sementes. No tocante da comparação da testemunha com os tratamentos que receberam alguma subdoses de 2,4-D, foi observado efeitos significativos para o parâmetro peso de mil sementes. Quanto analisado os ajustes polinomiais, foi observado interação para peso de mil sementes. Por fim, cabe destacar que os valores de coeficiente de variação ficaram todos abaixo de 20%, indicando coerência nos resultados.

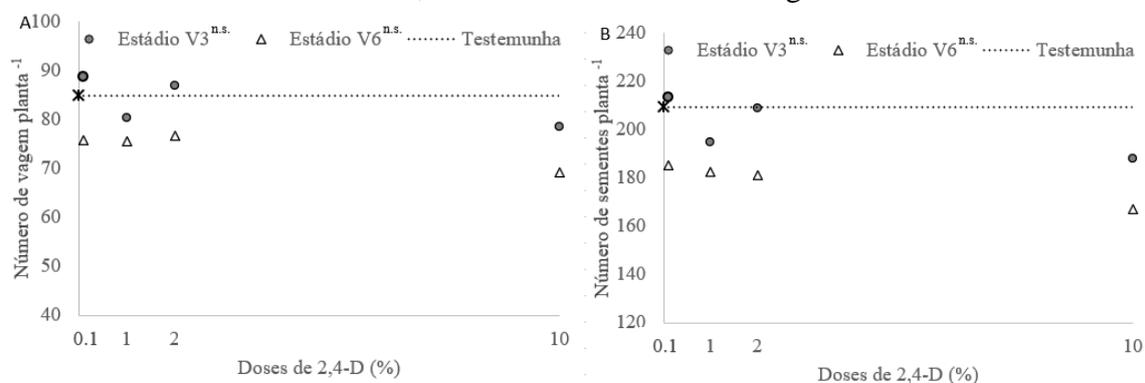
Tabela 3. Resumo do quadro de análise de variância para efeitos de variáveis produtivas da aplicação de subdoses de 2,4-D no desenvolvimento produtivo, em dois estádios fenológicos da soja.

Resumo da anava	Graus de liberdade	Número de vagens planta-1	Número de sementes planta-1	Peso de mil sementes	Produtividade
.....Pressupostos do modelo estatístico (P valor)..					
Normalidade (Teste Shapiro-Wilk)	-	0,9829	0,9677	0,3226	0,7434
Homocedasticidade (Teste de Bartlett)	-	0,5383	0,5339	0,6753	0,4521
.....Significância do teste F Pr > f.....					
Doses (D)	✓ (3)	-	-	-	-
2.4-D - Mod.Linear	1	0,22468	0,20941	0,91157	0,21098
2.4-D - Mod.Quadrático	1	0,90347	0,94695	0,00001*	0,5696
2.4-D - Mod.Desvios	1	0,47627	0,55772	0,01598	0,63673
Estádio fenológico (E)	✓ (2)	-	-	-	-
Dose d. V3	1	0,37588	0,34743	0,00213*	0,13674
Dose d. V6	1	0,39815	0,39525	0,00003*	0,78341
Test x Tratamentos	✓ (1)	0,41504	0,28286	0,00016*	0,92515
Bloco	3	0,01027*	0,01274*	0,83869	0,92855
Coefficiente de variação		16,83	16,88	1,34	17,34

Valores com * diferiram significativamente ao nível de 5% de significancia pelo teste de Tukey ou Dunnet

No parâmetro de produção de vagem e sementes (Figura 7) não houve interação entre as subdoses de 2,4-D e as épocas de aplicação do herbicida, na produção de vagens e sementes por planta apresentando as mesmas curvas para os dois parâmetros avaliados, esse resultado concorda com o apresentado por Pinheiro (2020) o qual não encontrou diferença significativa em sua pesquisa.

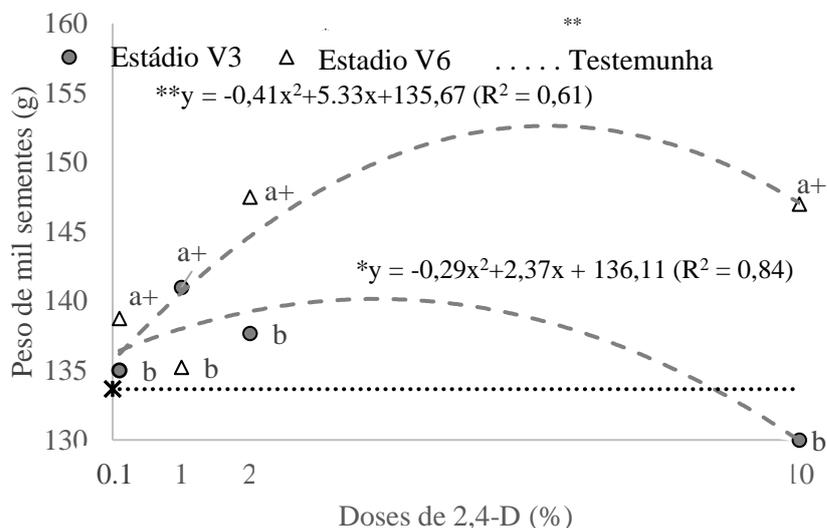
Figura 8: A - número de vagens por planta; B - número de sementes de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes.



No parâmetro do peso de mil sementes (PMS) pode ser relacionado com a matéria seca onde os dois proporcionou curvas similares, o incremento do PMS pode ser relacionado com a

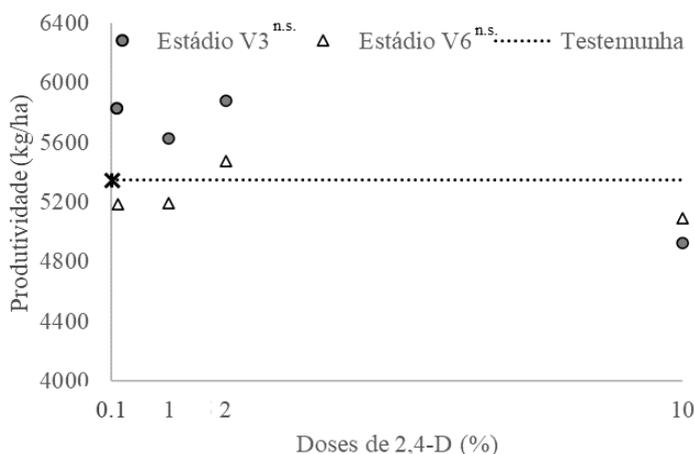
matéria seca uma vez que a matéria seca medida foi visivelmente maior para quantidade de folhas, folhas essas responsáveis pela produção de fotoassimilados que quem são transportados para as sementes proporcionando maior peso das mesmas, verificado no ajuste ao modelo polinomial de 1ª ordem, resultado que concorda com o apresentado por Pinheiro (2020).

Figura 9: Peso de Mil Sementes de soja submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferentes.



No parâmetro de produtividade embora com o incremento de peso das sementes produzidas pela soja, a quantidade de sementes foi determinante para avaliação uma vez que a avaliação foi por determinação da estimativa de produção, ainda assim os resultados contundentes ao apresentado por Pinheiro (2020), no qual o estudo não apresentou nenhuma variação na produtividade.

Figura 10: Produtividade estimada de sojas submetidas a subdoses de 2,4-D em dois estádios fenológicos diferente.



3. CONSIDERAÇÕES

A aplicação de sub doses de 2,4-D em soja altera características fisiológicas da planta de soja, incrementando SPAD em V6 e reduzindo em V3.

A aplicação de subdoses no estágio V3 proporcionou redução de matéria seca linear até dose de 10%.

A aplicação de sub doses de 2,4-D no estágio V6 resulta em um menor número de ramificações.

A aplicação de sub doses de 2,4-D incremento o peso de mil sementes em V6 independente da dose.

A aplicação de sub doses de 2,4-D não afeta a produtividade da soja em nenhum estágio fenológico até a dose de 10% do produto comercial.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, No. 6, 711–728, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 23 de jan. de 2023.

BORTOLHEIRO, F. P. de A. P.; SILVA, M. de A. Low doses of glyphosate can affect the nutrient composition of common beans depending on the sowing season. **Science Of The Total Environment**, v. 794, p. 148733, nov. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148733>. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

BRASIL. **Instrução Normativa N° 2, de 9 de outubro de 2008**. Adota, no Zoneamento Agrícola de Risco Climático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, as especificações para solos que menciona, e dá outras providências. Brasília: DF. Diário Oficial da União, 2008. Disponível em: bit.ly/3XddMBr. Acesso em: 25 maio. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**. 9. ed. Brasília: Conab, 2022. 88 p. (0). Disponível em: <https://bit.ly/3Pk1sxs>. Acesso em: 12 nov. 2022.

FERRARI, J. V. **Sistemas de aplicação de subdoses de glifosato e regulador de crescimento em algodoeiro**. 2015. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Unesp, Ilha Solteira, 2015. Disponível em: bit.ly/3X9JPIU. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

FREITAS, M. de C. M. de. A cultura da soja no brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiania, v. 7, n. 12, p. 1-12, 12 mar. 2023. Disponível em: bit.ly/3Cwhahh. Acesso em: 26 out. 2022.

JALAL, A.; OLIVEIRA JUNIOR, J. C. de; RIBEIRO, J. S.; FERNANDES, G. C.; MARIANO, G. G.; TRINDADE, V. D. R.; REIS, A. R. dos. Hormesis in plants: physiological and biochemical responses. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, v. 207, n. s/n, p. 1-12, jan. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111225>. Acesso em: 25 de abr. de 2023

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

MARQUES, K. D. M.; MOREIRA, W. C. de L.; SILVA, J. de F.; MOREIRA, J. G. do V.; MELHORANÇA FILHO, A. L. **Efeito hormético de glyphosate no crescimento inicial de mudas de paricá (Schizolobium amazonicum)**. Agrarian, v. 13, n. 47, p. 9-16, 8 mar. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v13i47.8074>.

MOREIRA, L. D. K. **Variação genotípica e aplicação de glifosato em cana de açúcar: efeito hormesis na fotossíntese, crescimento e maturação.** 2022. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Unesp, Ilha Solteira, 2022. Disponível em: bit.ly/3X9JFLs. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

PAZINATO, R. **Controle de plantas daninhas com dicamba isolado ou associado a glyphosate em soja com a tecnologia Intacta 2 Xtend®.** 2022. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2022. Disponível em: bit.ly/3X7Mw7H. Acesso em: 21 de fev. de 2023.

PEREIRA, T. A.; FARIA, Á. J. G. de; LEITE, R. da C.; RIBEIRO, A. H. C.; SANTOS, A. C. M. dos; CASTRO, J. P. O. de; TELES, S. P.; SILVA, R. R. da. Herbicide subdoses as growth regulators in soybean cultivars. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 2, p. 2-11. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25663>. Acesso em: 28 jan. 2022.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 15. ed., Piracicaba: Fealq, 2009, 451 p.

PINHEIRO, G. H. R. **Hormesis na cultura da soja em resposta à aplicação de 2,4-d sal colina.** 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí - Goiás, 2020. Disponível em: bit.ly/43GV9bR. Acesso em: 22 de out. de 2022.

PINTO, B. G. da S. **Análise da toxicidade do herbicida 2,4-d (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) sobre o desenvolvimento inicial de embriões de ave (gallus gallus domesticus L. 1758).** 2020. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Dois Vizinhos, 2020. Disponível em: bit.ly/3Jkbf2G. Acesso em: 12 de dez. de 2022.

ROMAN, E. S. **Modo de ação dos herbicidas mimetizadores de auxinas. In: como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação.** Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2005. p. 66-69. Disponível em: bit.ly/3NdUjfn. Acesso em: 25 de jan. de 2023.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F.. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Embrapa, Brasília, Df, 2018 v. 5, n. 0, p. 85-95, mar. 2023.

SANTOS, L M. dos. **Avanços biotecnológicos na cultura da soja (Glycine max L.) para a agricultura brasileira.** 2021. 35 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30693/1/2021_LarissaMartinsDosSantos_tcc.pdf. Acesso em: 21 de jan. de 2023.

SEIXAS, C. D. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; NEUMAIER, N.; LEITE, R. M. V. B. de C. **Tecnologias de produção de soja.** 17. ed. Londrina: Embrapa, 2020. 348 p. Disponível em: bit.ly/469MWyj. Acesso em: 23 de out. de 2023.

SILVA, A. M.; LIMA, V. M. M.; SILVA, V. L. **Different types of herbicides in inducing the hormetic effect on soybean culture.** v. 13, n. 11, p. 30, 29 out. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/13820201046>. Acesso em: 26 de set. de 2022.

SILVA, F. M. L. **Hormesis de herbicidas em soja.** 2014. 85 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Unesp, Botucatu, 2014. Disponível em: bit.ly/3NyCRnr. Acesso em: 22 de out. de 2022.

SILVA, J.R.O.; MARQUES, J.N.R.; GODOY, C.V.C.; BATISTA, L.B.; SILVA, A.A.; RONCHI, C.P.. 2,4-D Hormesis effect on soybean. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, n. 0, p. 1-10, maio 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582019370100146>. Acesso em: 21 de fev. de 2023.

SOUSA, S. F. G. de; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Avaliação da cultura do milho submetida à hormesis. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 128, 6 maio 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2014v29n2p128-134>. Acesso em: 23 de fev. de 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artimed, 2009. 819 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento Vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artimed, 2017. 857 p.