

SUBDOSES DE GLYPHOSATE PARA O EFEITO HORMÉTICO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO

Lucas Martins Brito¹

Carlos Leandro Rodrigues dos Santos²

Claudênia Ferreira da Silva³

Mariana Mathiesen Stival⁴

Vinícius Marca Marcelino de Lima⁵

Resumo

O objetivo foi avaliar subdoses de Glyphosate no efeito hormético no milho. O estudo foi realizado em casa de vegetação telada no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de pulverizações aos 25 dias após a semeadura com Glyphosate (0, 25, 50, 75 e 100 g ha⁻¹ de ingrediente ativo - ia.). Conclui-se que o desempenho do milho é alterado negativamente pelas subdoses do herbicida. A altura de plantas, número de folhas, comprimento de raiz e massa seca, diminuem linearmente com o aumento da dose até 100 g ha⁻¹ de i.a. Sintomas de fitotoxicidade nas folhas são mais evidentes com o acréscimo da dose.

Palavras-chave: *Zea mays*, doses subletais, efeito hormético, herbicida, hormese.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of Glyphosate low rates (subtoxic doses), seeking the hormetic effect in corn. The study was carried out in a greenhouse under a randomized complete block design, with four replications. The treatments consisted of spraying with Haloxypop-P-methyl (0, 1.25, 2.5, 3.75 and 5.0 g ha⁻¹ of a.i.). It is concluded that the performance of the corn is negatively altered by herbicide low rates. Plant height, number of leaves, root length, shoot dry mass and root dry mass, decrease linearly with increasing rate up to 100 g ha⁻¹ of a.i. Symptoms of phytotoxicity in the leaves are more evident with the increase of the dose.

Keywords: *Zea mays*, herbicide, hormesis, hormetic effect, sublethal doses.

1. INTRODUÇÃO

Com a finalidade de diminuir perdas de produtividade e aumentar a rentabilidade da no

cultivo do milho (*Zea mays* L.), o sistema de produção faz o uso do manejo químico de plantas invasoras. No Brasil é uma atividade bastante executada, sendo realizada em pré e/ou

¹ Acadêmico do curso de Agronomia do Centro Universitário do Vale do Araguaia (UNIVAR), Brasil, lucasmbagro@gmail.com

² Professor do UNIVAR, Brasil, Doutor em Agronomia-Ciência do Solo pela FCAV-UNESP, Mestre em Agronomia-Ciência do Solo pela UFRRJ, Engenheiro Agrônomo pela UFRRJ, Especialização em Docência no Ensino Superior pela FACISA, Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Machado, calersantos@gmail.com

³ Professora do UNIVAR, Brasil, Doutora em Microbiologia Agropecuária pela FCAV/UNESP, Mestre em Fitopatologia pela UNB, Bióloga pela Faculdade JK, Especialização em Docência no Ensino Superior pelo UNIVAR, claudeniaf@gmail.com

⁴ Especialização em Proteção de Plantas pela UFV, Especialização em Docência no Ensino Superior pelo UNIVAR, Engenheira Agrônoma pela Associação João Meinberg de Ensino de São Paulo, ma_stival@hotmail.com

⁵ Professor do UNIVAR, Brasil, Mestre em Produção Vegetal pela Universidade de Rio Verde, Engenheiro Agrônomo pela Universidade do Estado do Mato Grosso, vinimarca@gmail.com

pós-emergência para o controle (BRENNECKE et al., 2017).

O herbicida Glyphosate (N-fosfonometil glicina) não é seletivo (com exceção à soja e milho geneticamente modificados com resistência ao princípio ativo), possui ação sistêmica e é recomendado para aplicação em pós-emergência das espécies invasoras, para dessecações antes da semeadura ou controle após a semeadura. Segundo Yamada e Castro (2007) o herbicida age inibindo a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs), que catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de triptofano, fenilalanina e tirosina. Muitas moléculas quando utilizadas em doses altas, apresentam ação herbicida, mas se aplicadas em doses subletais podem estimular o crescimento de plantas (WIEDMAN; APPLEBY, 1972; CEDERGREEN, 2008; BELZ; DUKE, 2014; BRITO ET AL., 2017). Este efeito promotor do crescimento vegetal é conhecido como hormese, que é um fenômeno comum em todos os sistemas biológicos (WIEDMAN; APPLEBY, 1972), sendo o resultado da aplicação de doses baixas de substâncias tidas como maléficas, com o intuito de impulsionar o desenvolvimento do vegetal por estímulo do metabolismo (CALABRESE; BALDWIN, 2002; CALABRESE; BLAIN, 2009).

A respeito da hormese, aceita-se que o Glyphosate a promova em várias culturas, mas ainda não está claro como esta molécula a causa (BRITO et al., 2017), assim, os mecanismos de ação para os estímulos benéficos são tidos como complexos. Segundo os autores, as doses subletais de Glyphosate aplicadas em plantas suscetíveis podem causar respostas positivas como estímulo do crescimento, aumento da taxa de transporte de elétrons, maior assimilação de CO₂, aumento da condutância estomática e da taxa de transpiração, indução do acúmulo de ácido chiquímico, aumento e aceleração da floração, aumento do rendimento e melhora da qualidade da biomassa. Alguns estudos mostraram que herbicidas podem proporcionar o efeito hormético em parâmetros produtivos, biológicos e fisiológicos na cultura do milho (WAGNER et al., 2003; VELINNI et al., 2008; SILVA et al., 2012; BARBOSA et al., 2017), mas percebe-se que as respostas não são consistentes, podendo variar devido condições ambientais; e que dependendo da variável, a observação do efeito hormético se dá em uma ou outra subdose dos ingredientes ativos, o que limita sua recomendação prática na agricultura da atualidade. Brennecke et al. (2017) comentaram que a hormese ainda não tem uma aplicação prática na tecnologia agropecuária, mas existem poucos estudos sobre seu efeito em plantas, bem como informações sobre seu mecanismo de ação, assim, ao passar do tempo a

pesquisa pode contribuir para que o efeito hormético se torne uma respostas a ser buscada nas culturas com emprego de tecnologia de fácil acesso.

Segundo Souza et al. (2014), as pequenas doses por área, o baixo custo do produto e a grande disponibilidade do ingrediente ativo no mercado são fatores que favorecem a utilização do Glyphosate como regulador de crescimento. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de subdoses do herbicida Glyphosate no milho, buscando o efeito hormético.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação telada na área experimental do Centro Universitário do Vale do Araguaia (UNIVAR), em Barra do Garças, Mato Grosso, tendo como coordenadas geográficas 15°53'27" de latitude e 52°16'40" de longitude e 322 metros de altitude. As amostras do terra utilizadas no experimento foram provenientes de um Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), de textura franco arenosa. O solo foi coletado na Fazenda Tio João no município de Montes Claros de Goiás (GO), e uma amostra foi enviada para laboratório comercial para caracterização.

Os resultados da análise química e física da amostra de solo apresentaram os seguintes

valores: pH em CaCl₂ = 5,26; P = 115,30 mg dm⁻³; S-SO₄²⁻ = 2,10 mg dm⁻³; K⁺ = 64 mg dm⁻³; K⁺ = 0,21 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 2,0 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,2 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,00 cmol_c dm⁻³; H+Al = 1,80 cmol_c dm⁻³; M.O. = 10,83 g dm⁻³; CTC = 5,21 cmol_c dm⁻³; V = 65,48%; m = 0 %; B = 0,32 mg dm⁻³; Cu = 4,6 mg dm⁻³; Fe = 51 mg dm⁻³; Mn = 12,2 mg dm⁻³; Zn = 8,3 mg dm⁻³; Areia = 760 g kg⁻¹; Silte = 60 g kg⁻¹; Argila = 160 g kg⁻¹. Tais resultados analíticos indicaram segundo Sousa e Lobato (2004) a presença de teores adequados ao milho para praticamente todos os nutrientes. Apenas para o enxofre houve necessidade de correção, pois estava abaixo da quantidade adequada, com 2,10 mg dm⁻³. Segundo Rein e Sousa (2004), para a adubação de correção de enxofre, quando o potencial produtivo está abaixo do recomendado (≤ 4 mg dm⁻³), o indicado é utilizar 20 kg ha⁻¹ de S, e de acordo com a análise foi necessária a adubação de correção, onde foi utilizado 0,1 g de enxofre elementar por vaso.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições para cada tratamento, sendo realizado um experimento com produto comercial contendo o princípio ativo Glyphosate. Os tratamentos foram constituídos de subdoses do herbicida e mais o controle. As doses definidas foram de: 0, 25, 50, 75 e 100 g ha⁻¹ de i.a (gramas de ingrediente ativo) da dose comercial, onde o Glyphosate apresenta 360 g L⁻¹.

A semeadura do milho foi feita em vasos preenchidos com 11 L de terra. Aos 20 dias após a semeadura (DAS), estando as plantas no estágio fenológico V3, retirou-se, por vez, os 4 vasos de cada tratamento da casa de vegetação, enfileirou-se estes vasos no sentido transversal do caminhamento do aplicador, e realizou-se a aplicação do herbicida nas referidas doses. A aplicação foi realizada com o uso de um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com 4 pontas Teejet XR110.02, espaçadas a 25 cm e calibradas para uma vazão de 200 L ha⁻¹, na pressão de 3,1 kgf cm⁻³. No período das pulverizações de cada tratamento (das 14 às 17 horas), o céu estava totalmente encoberto e havia a ausência de vento, sendo que a temperatura média neste dia foi de 27 °C, com umidade relativa do ar de 82%. Durante todo o período do experimento (22/03/2018 a 07/05/2018), foi observado o monitoramento quanto ao seu desenvolvimento ou não, e em 45 DAS foi feita a coleta dos dados.

As variáveis analisadas foram: fitotoxicidade aos sete dias após aplicação do herbicida, com atribuição de notas, que variaram de 0 (sem fitotoxicidade) até 100 (plantas mortas) conforme Alves et al. (2000), extensão da maior folha expandida, altura de plantas, número de folhas, massa seca do caule, massa seca das folhas, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz (após lavagem), comprimento das raízes, diâmetro de caule e fitotoxicidade aos 25

dias após a aplicação do Glyphosate. Com o auxílio do clorofilômetro (CCM-200 plus Opt-Science®) foi determinado indiretamente o teor de clorofila total nas folhas (média de 3 leituras de cada planta dos vasos nas últimas folhas superiores com lígula visível).

Os dados obtidos foram submetidos à análise para a verificação da normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($p.>0,05$) e à análise de variância. Na sequência, realizou-se um estudo de regressão polinomial utilizando o programa de análises estatísticas SISVAR Versão 5.6 (FERREIRA, 2014). A elaboração do artigo foi feita respeitando às normativas presentes em ABEC (2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento das folhas do milho aos 20 dias após a semeadura (DAS) com subdoses do herbicida Glyphosate resultou em diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade na maioria das variáveis avaliadas (Tabela 1). Apenas o teor de clorofila nas folhas, o diâmetro do caule e a massa seca de caule que não foram influenciados pelas subdoses do herbicida. Sousa et al. (2014) avaliaram características agrônômicas, dentre elas o diâmetro e a massa seca de colmos do milho híbrido simples 2B 587 Hx (transgênico) submetido à subdoses de Glyphosate que variaram de 12,5 a 50 g ha⁻¹ de

i.a., e não observaram variações ao final do ciclo da cultura.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das variáveis avaliadas no experimento com subdoses de Glyphosate aplicadas em folhas de milho.

	FT7 (%)	EF (g/pl)	AL (cm)	CL	DC (cm)	NF	MSC (g/pl)	MSF (g/pl)	MSPa (cm)	CR (cm)	MSR (cm)	FT25 (%)
Dose (Fc)	94,81*	14,21*	5,61**	3,05 ^{ns}	1,95 ^{ns}	6,45**	4,00 ^{ns}	11,77**	8,36**	13,12**	7,69**	316,66**
Média Geral	56,00	8,31	6,83	24,28	0,67	5,71	5,61	12,33	17,95	42,04	6,45	64,24
C.V. (%)	14,14	7,96	11,79	29,97	34,66	20,90	30,10	30,25	28,49	23,46	48,35	66,6

^{ns} = não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1%; FT7 = Fitotoxicidade aos 7 dias após a aplicação do herbicida; EF = extensão da maior folha expandida; AL = Altura de plantas; CL = Teor de clorofila das folhas; DC = Diâmetro de caule; NF = Número de folhas; MSC = Massa seca do caule; MSF = Massa seca das folhas; MSPa = Massa seca da parte aérea; CR = Comprimento de raiz; MSR = Massa seca da raiz; FT25 = Fitotoxicidade aos 25 dias da aplicação do herbicida; g/pl = gramas por planta.

A pulverização de subdoses de Glyphosate nas folhas do milho após 25 dias da semeadura causou o declínio linear tanto da extensão da maior folha expandida, como da altura de plantas (Figura 1A e Figura 1B). O comprimento da folha estimado a partir da equação foi de 9,86 cm quando não se aplicou herbicida e de 6,77 cm quando aplicou a dose de 100 g ha⁻¹ de ingrediente ativo. Para a altura, os valores estimados ficaram compreendido entre 8 cm (sem o herbicida) e 5,66 cm (maior dose).

Silva et al. (2012), também estudaram a aplicação de subdoses de Glyphosate na cultura do milho, porém observaram que a altura e a extensão foliar da maior folha expandida apresentou comportamento quadrático, sendo que a maior altura foi observada quando se utilizou a dose de 7,54 g ha⁻¹ e.a. (equivalente

ácido) e a maior extensão foliar com a subdose de 5,17 g ha⁻¹ e.a. Por outro lado, Sousa et al. (2014), em condições de campo, avaliaram doses inferiores a usadas neste experimento e notaram que a altura não foi influenciada pela aplicação de subdoses de Glyphosate.

As maiores doses neste estudo podem ter desregulado com mais severidade todo o metabolismo da planta, paralisando assim o crescimento do vegetal. Segundo Yamada e Castro (2007) o Glyphosate quando em doses altas bloqueia a rota do ácido chiquímico, causando uma série de efeitos no metabolismo das plantas, alguns deles são: a redução da síntese de aminoácidos e de proteínas, prejuízos na formação da estrutura celular e permeabilidade de membranas, menor síntese de

clorofila e interferências negativas na fotossíntese, respiração e transpiração.

Para o número de folhas, também se observou que o melhor ajuste foi o linear, assim, a maior subdose de Glyphosate proporcionou em média 4,07 folhas enquanto o tratamento sem aplicação de herbicida apresentou média de 7,37 folhas (Figura 1C). Observou-se que com o uso da dose de 25 g ha⁻¹ de i.a as plantas no momento da contagem estavam no estágio fenológico V7 e algumas em V8, enquanto que com o uso da maior dose as plantas permaneceram no estágio V4, comprovando a interferência negativa nas plantas das maiores subdoses do Glyphosate. Assim, as plantas se encontravam em um estágio de desenvolvimento, onde seu metabolismo cessou o crescimento do vegetal.

A aplicação de subdoses de Glyphosate nas folhas do milho promoveu o decréscimo linear do comprimento de raiz, partindo de 64,02 cm, sem a aplicação e alcançando 20,09 cm com o uso da dose de 100 g ha⁻¹ de i.a. (Figura 1D). Efeitos similares foram encontrados por Barbosa et al. (2017), que avaliaram em câmara de germinação, a aplicação de doses de Glyphosate e observaram com o incremento das subdoses

até 24 g ha⁻¹ de i.a. embebidas em papel de germinação, a diminuição do comprimento das radículas e de plântulas, além disso houve o favorecimento da anormalidade de plântulas e a mortalidade de sementes com o uso das maiores doses. As doses testadas no estudo de Barbosa et al. (2017) foram bem inferiores às testadas no presente estudo, mas provavelmente devido à forma que foi aplicada (contato com a semente), também causaram estes efeitos negativos.

O Glyphosate é um inibir da enzima EPSPs, envolvida na produção de aromáticos aminoácidos precursores de compostos que possuem numerosas funções essenciais em plantas, tais como fenilalanina, tirosina e triptofano (Stephenson et al., 2006). O crescimento de raízes é promovido por hormônios como o ácido indolilacético (auxina) (EPSTEIN; BLOOM, 2006), que tem como precursor o triptofano, assim, o decréscimo ocorrido no comprimento das raízes pelo aumento das subdoses pode estar relacionado à redução da produção e da translocação de auxinas para as raízes.

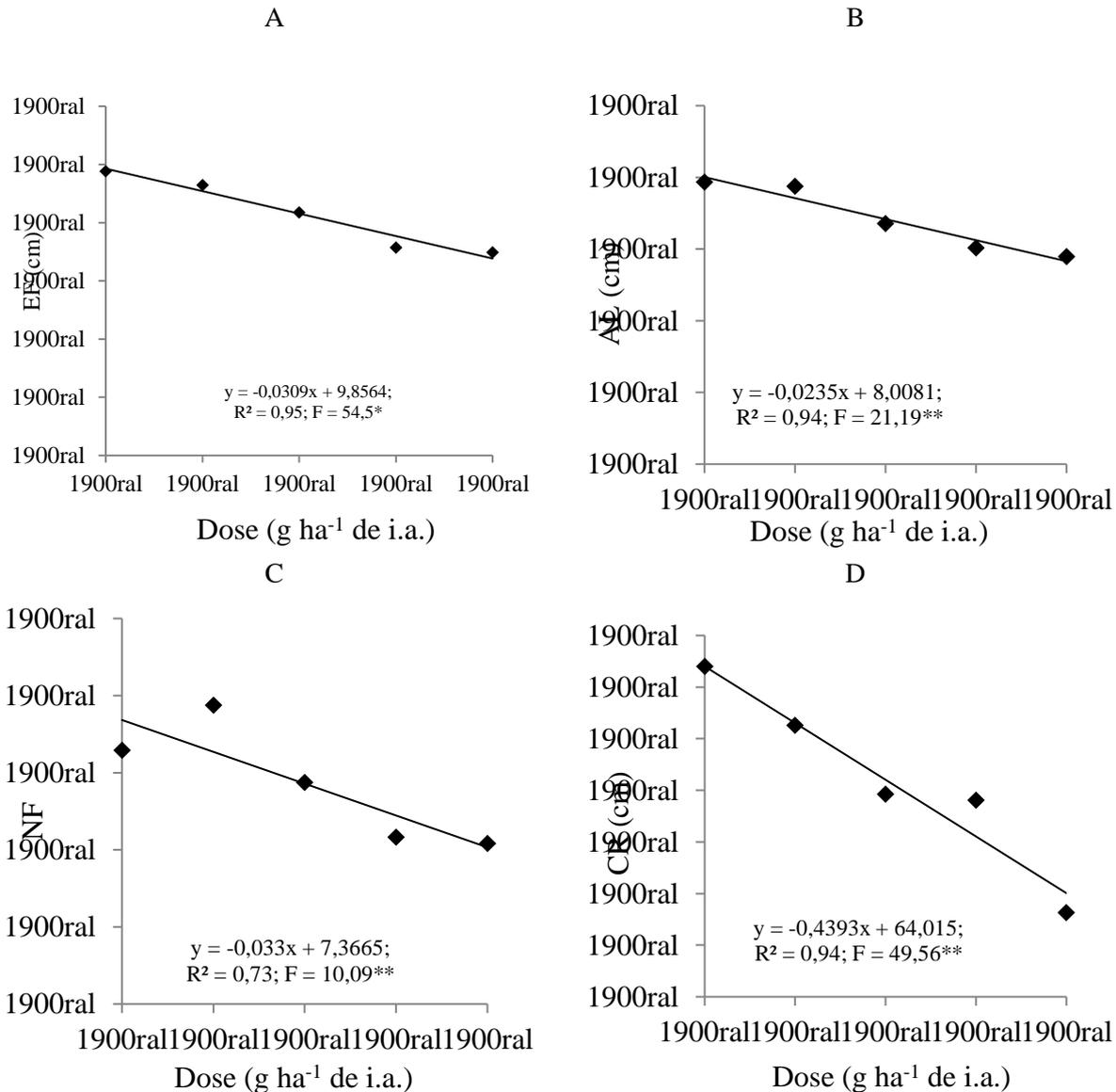


Figura 1. Extensão da maior folha expandida (EF), altura de plantas (AL), número de folhas (NF) e comprimento de raízes (CR) após a aplicação de subdoses do herbicida Glyphosate nas folhas do milho cultivado em casa de vegetação telada; i.a. = ingrediente ativo; F = F calculado; * e ** = significativos a 5% e a 1%, respectivamente.

A aplicação após 20 dias da semeadura de subdoses de Glyphosate nas folhas do milho causou a diminuição com ajustes lineares das massas secas de folhas, parte aérea e de raiz (Figura 2). Os valores observados no controle (sem herbicida) foram de 20,42; 27,17 e 11,91 g,

respectivamente. Por sua vez, quando da aplicação da maior dose (100 g ha⁻¹ de i.a.), as biomassas diminuíram significativamente para 4,26, 8,74 e 1,00, respectivamente, indicando o efeito prejudicial das doses do Herbicida Glyphosate testadas no milho.

Jasper et al. (2014) observaram que o custo de produção por hectare do que denominaram de milho hormético (com subdose de 25 g ha⁻¹ de e. a. aplicadas aos 28 DAS) foi idêntico ao tradicional. No estudo utilizaram um híbrido simples modificado (Híbrido 2B 587 Hx transgênico), e foi possível observar um menor volume de matéria seca (3,69%) ao final do ciclo de 130 dias na palha (matéria seca sem espigas) do milho cultivado do modo tradicional. Contudo, Sousa et al. (2014) não observaram diferenças significativas no volume de palha (matéria seca sem as espigas) e na produtividade.

Barbosa et al. (2017) verificaram que existe efeito de hormese nas massas secas das partes aéreas na subdose de 9,60 g ha⁻¹ de i.a. para o genótipo convencional AG9010 e na subdose de 11,79 g ha⁻¹ de i.a. para o genótipo convencional Sintético UEL. Os autores também observaram efeito de hormese na germinação quando usaram a subdose de 0,12 g ha⁻¹ de i.a., mas, observaram diminuição da massa seca das radículas de milho com o incremento das doses de Glyphosate, conforme ocorrido neste trabalho.

Velini et al. (2008) avaliaram, em dois experimentos de casa de vegetação, o híbrido de milho SHS 5060 submetido a subdoses de Glyphosate aplicadas 21 dias antes e notaram que a produção de biomassa foi estimulados pelas doses de 1,8 e 36 g ha⁻¹ de e.a. Os valores

máximos de massa seca de parte aérea (MSPa) e de massa seca total (MSPa + Raiz), foram observados com o uso da dose de 22,6 e 23 g ha⁻¹ de e.a., respectivamente. A massa seca de raiz no estudo de Velini et al. (2008) não apresentou diferença significativa, mas a concentração de ácido chiquímico na matéria fresca de parte aérea do milho foi acrescida de acordo com o aumento da dose de Glyphosate.

No estudo de Wagner et al. (2003) a utilização de subdoses de Glyphosate enriquecido com ¹⁴C que variaram de 2 a 30 mg kg⁻¹ de e.a. proporcionou o aumento da matéria fresca de plântulas de milho cultivadas em solução nutritiva. O efeito hormético observado pelos autores ocorreu quando as plantas absorveram menos de 0,6 µg de Glyphosate, sendo que acima deste valor o crescimento foi prejudicado.

O Glyphosate aplicado em baixas doses (5,8 a 19 g ha⁻¹ de e.a.) produziu efeito hormético na cana-de-açúcar (NASCENTES et al., 2017) constatado pelo aumento da massa seca de folhas, colmo e total (colmo + folhas) aos 40 e 60 dias após a aplicação. Os autores também observaram o aumento da taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e taxa de transpiração nas doses de 3,4 a 11,6 g ha⁻¹ de a.e., indicando que doses baixas de Glyphosate aumentam a fotossíntese de plantas. Assim, as subdoses avaliadas neste estudo pode não ter sido adequadas para a observação de

ocorrência do efeito hormético em relação às variáveis biométricas e produtivas analisadas, sendo recomendada para futuros estudos sobre a

hormese a redução tanto das doses a serem testadas como dos intervalos entre elas.

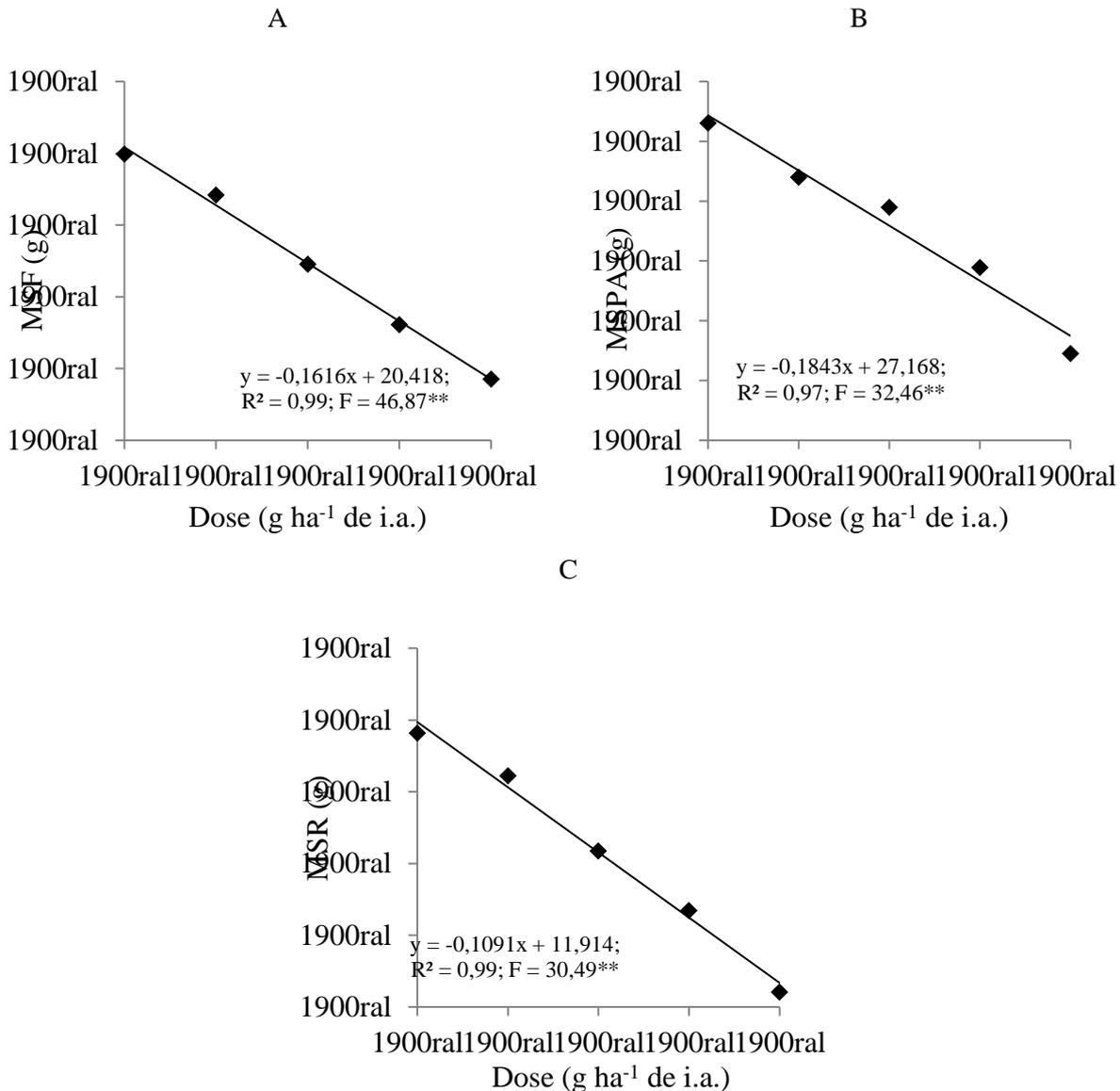


Figura 2. Massa seca de folhas (MSF), de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) aos 25 dias após a aplicação de subdoses do herbicida Glyphosate nas folhas do milho cultivado em casa de vegetação telada; i.a. = ingrediente ativo; F = F calculado; ** = significativo a 1% de probabilidade.

As porcentagens de fitotoxicidade (sintomas visuais) aumentaram conforme doses seguindo o modelo de equação quadrática nas

avaliações aos 7 dias e aos 25 dias após a aplicação (Figura 3). Os maiores valores (acima de 90%) foram encontrados com o uso da maior

dose do herbicida (100 g ha^{-1} de i.a.). Ao calcular os pontos de máxima fitotoxicidade aos 7 e 27 dias após a aplicação, verifica-se que os valores ficaram fora do intervalo das doses aplicadas no experimento (Figura 3), após esta máxima os valores reduziram conforme o modelo quadrático, mas biologicamente doses altas de Glyphosate não provocariam a redução de sintomas, então, não considera-se estes decréscimos e infere-se que os sintomas visuais de fitotoxicidade tenderiam a se agravar com o aumento da dose.

Alves et al. (2000) também observaram uma evolução no modelo de regressão quadrático dentro das doses testadas. Conforme neste trabalho, sintomas visuais de fitotoxicidade aos 7 dias da aplicação foram encontrados na cultura do milho pelos autores, que avaliaram o efeito da aplicação de subdoses de Glyphosate (simulando deriva que atingiu a cultura nos estádios V1 e R6) sobre a cultura. As doses testadas no híbrido triplo BR 3123 variaram exponencialmente de $57,6$ a $691,2 \text{ g ha}^{-1}$ de i.a. Além dos sintomas, os autores também notaram baixo rendimento de grãos da cultura. Estas doses em comparação com as utilizadas no atual estudo (25 a 100 g ha^{-1} de i.a.) são altas, mas permite que se infira que o efeito de fitotoxicidade poderia ser atenuado caso as doses fossem menores, indicando necessidade de redução destas doses para futuros experimentos sobre o efeito hormético.

Na Figura 4, observa-se que com o aumento das doses houve o agravamento dos sintomas de fitotoxicidade, acarretando assim no crescimento anormal das plantas, ligeira clorose generalizada, arroxamento das folhas e morte de algumas plantas com o uso da dose de 100 g ha^{-1} de i.a. A clorose foi considerada pouco intensa devido às leituras procedidas com o clorofilômetro não ter diferido significativamente (Tabela 1).

A coloração amarelada das folhas é característica de prejuízos na velocidade de síntese da clorofila devido à alteração do metabolismo causado pelo herbicida ou pela maior degradação do pigmento pelo Glyphosate (YAMADA; CASTRO, 2007). A coloração arroxada no limbo foliar das plantas que foram pulverizadas com as maiores doses de Glyphosate (acima de 50 g ha^{-1} de i.a.), segundo Epstein e Bloom (2006), se deve ao acúmulo do pigmento antocianina nos vacúolos, o que pode estar associado à deficiência de fósforo nas plantas. Segundo Rabello et al. (2012) o Glyphosate em subdoses pode induzir a produção de proteínas envolvidas no processo de absorção de fósforo, assim nas menores a nutrição quanto a este elemento pode ter sido beneficiada enquanto nas maiores doses não.

De acordo com Yamada e Castro (2007), os sintomas mais comuns observados após a aplicação de Glyphosate são clorose foliar seguida de necrose, o que foi também observado

neste estudo. Segundo os autores, outros sintomas foliares são possíveis de ser observados como: enrugamento ou malformações (especialmente nas áreas de rebrota) e necrose de meristema, mas neste estudo estes sintomas mais severos não foram notados. Provavelmente porque não se usou as

doses recomendadas para a ação letal. De modo geral, os sintomas foram mais brandos devido a doses baixas. Silva et al. (2012) observaram a partir da sub dose de 1,8 g ha⁻¹ e.a. sintomas de deficiência e fitotoxicidade semelhantes ao observado neste trabalho (Figura 4).

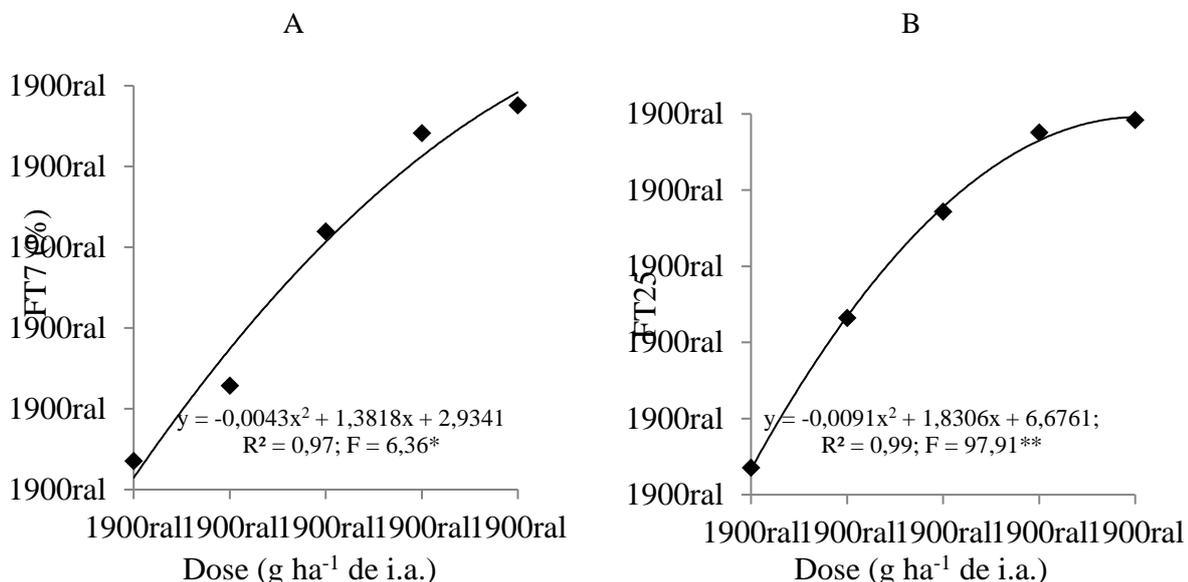


Figura 3. Fitotoxicidade aos 7 dias (FT7%) e aos 25 dias (FT25%) após a aplicação de subdoses do herbicida Glyphosate nas folhas do milho cultivado em casa de vegetação telada; i.a. = ingrediente ativo; F = F calculado; * e ** = significativos a 5% e a 1%, respectivamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desempenho até os 45 dias da semeadura do milho é alterado negativamente pelas subdoses de Glyphosate. O comprimento até a folha mais longa, altura, número de folhas, comprimento de raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, diminuem linearmente com

o aumento da dose até 100 g ha⁻¹ de i.a. O incremento das subdoses de Glyphosate também favorece a fitotoxicidade identificada por diagnose visual nas folhas do milho. As subdoses avaliadas podem não ter sido adequadas para a observação do efeito hormético, assim, sugere-se pesquisas com doses ainda mais baixas do que as que foram avaliadas nesse estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. W. R.; SILVA, J. B.; SOUZA, I. F. Efeito da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Ciência Agrotecnologia**, v. 24, n. 4, p. 889-897, 2000.

BRITO, I. P.; TROPALDI, L.; CARBONARI, C. A.; VELINI, E. D. Hormetic effects of glyphosate on plants. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1064-1070, 2017.

BARBOSA, A. P.; ZUCARELI, C.; FREIRIA, G. H.; GOMES, G. R.; BAZZO, J. H. B.; TAKAHASHI, L. S. A. Subdoses de Glyphosate no processo germinativo e desenvolvimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 2, p. 240-250, 2017.

BELZ, R. B.; DUKE, S. O. Herbicides and the plant hormesis. **Pest Management Science**, v. 70, n. 5, p. 698-707, 2014.

BRENNECKE, K.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; CATANEO, J. V. F.; ANDREATTA, W. V. **Controle químico e efeito de hormese em plantas**. Descalvado: Universidade Brasil, 2017. 14f. (Boletim Técnico da Universidade Brasil, Departamento de Produção Animal, 23)

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Defining hormesis. **Human & Experimental Toxicology**, v. 21, n. 1, p. 91-97, 2002.

CALABRESE, E. J.; BLAIN, R. B. Hormesis and plant biology. **Environmental Pollution**, v. 157, n. 1, p. 42-48, 2009.

CEDERGREEN, N. Herbicides can stimulate plant growth. **Weed Research**. v. 48, n. 5, p. 429-438, 2008.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: SBCS, 2013. 353 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Trad. NUNES, M. E. T. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

FERREIRA, D. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p.109-112, 2014.

JASPER, S. P.; VELINI, E. D.; SOUZA, S. F. G. Comparação econômica do milho produzido com efeito hormético. **Revista Agrarian**, v. 7, n. 24, p. 348-354, 2014.

NASCENTES, R. F.; CARBONARI, C. A.; SIMÕES, P. S.; BRUNELLI, M. C. ; VELINI, E. D.; DUKE, S. O. Low doses of glyphosate enhance growth, CO₂ assimilation, stomatal conductance and transpiration in sugarcane and eucalyptus. **Pest Management Science**, v. 74, n. 5, p. 1197-1205, 2017.

RABELLO, W. S.; MONNERAT, P. H.; CAMPANHARO M.; ESPINDULA M. C.; RIBEIRO, G. Crescimento e absorção de fósforo do feijoeiro comum -Xodó sob efeito de subdoses de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v. 11. n. 2. p. 204-212, 2012.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. Adubação com enxofre. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. p. 227-244.

SILVA, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; BARBOSA, G. M.; COSTA, R. Q., OLIVEIRA, M. N. Aplicação de subdoses de glyphosate na fase de estabelecimento da cultura da soja e do milho. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 8, n. 15 p. 140-149, 2012.

SOUSA, D. M. G; LOBATO, E. **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed., Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004.

SOUSA, S. F. G.; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Avaliação da cultura do milho submetida à hormesis. **Revista Energia na Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 128-135, 2014.

STEPHENSON, G. R.; FERRIS, I. G.; HOLLAND, P. T.; NORDBERG, M. Glossary of terms relating to pesticides (IUPAC Recommendations 2006). **Pure and Applied Chemistry**, v. 78, n. 11, p. 2075-2154, 2006.

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHEDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008.

WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology Management**, v. 3, n. 4, p. 228-232, 2003.

WIEDMAN, S. J.; APPLEBY, A. P. Plant growth stimulation by sublethal concentrations of herbicides. **Weed Research**, v.12, n. 1 p.65-74, 1972.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R C. **Efeito do glyphosate nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. 32 p. (Informações Agronômicas, 119)