

SUBDOSES DE GLIFOSATO NO PROCESSO GERMINATIVO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE MILHO

ANDRÉ PRECHLAK BARBOSA¹, CLAUDEMIR ZUCARELI¹, GUSTAVO HENRIQUE FREIRIA¹,
GUILHERME RENATO GOMES¹, JOSÉ HENRIQUE BIZZARRI BAZZO¹
e LÚCIA SADAYO ASSARI TAKAHASHI¹

¹Universidade Estadual de Londrina, andreprechlak@gmail.com, claudemircca@uel.br,
gustavo-freiria@hotmail.com, guigomes88@hotmail.com, agro.bazzo@gmail.com, sadayo@uel.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.16, n.2, p. 240-250, 2017

RESUMO – O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de subdoses de glifosato sobre o processo germinativo e o desenvolvimento de plântulas de cultivares convencionais de milho em condições de laboratório. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da interação de dois genótipos convencionais de milho (Sintético UEL e AG 9010 PRO) submetidos a seis subdoses de glifosato (0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 g e.a. ha⁻¹). As avaliações consistiram da germinação de sementes (plântulas normais, anormais e sementes mortas), comprimento e massa seca de plântulas (parte aérea, raiz e total). O desempenho germinativo e o crescimento inicial das plântulas de milho são alterados pelas subdoses de glifosato. Existe efeito de hormese para germinação e massa seca de parte aérea nas subdoses de 0,084 e 7 g e.a. ha⁻¹ respectivamente para o genótipo AG9010 e para massa seca da parte aérea na subdose de 8,16 g e.a. ha⁻¹ para o genótipo Sintético UEL. O incremento das subdoses de glifosato favorece a anormalidade de plântulas e a mortalidade de sementes, além de diminuir o comprimento e a massa seca das radículas e de plântulas.

Palavras-chave: hormese, germinação, *Zea mays*.

LOW RATES OF GLYPHOSATE ON THE PROCESS GERMINATION AND CORN SEEDLING DEVELOPMENT

ABSTRACT – This work aimed to evaluate, in the laboratory, the effect of low rates of glyphosate on the germination and seedling development of conventional corn cultivars. The experimental design was completely randomized in a factorial 2 x 6, with four replications. The treatments consisted of the interaction of two conventional corn genotypes (Synthetic UEL and AG 9010 PRO) submitted to six low rates of glyphosate (0, 3.5, 7.0, 10.5, 14.0 and 17.5 g a.e. ha⁻¹). Evaluations consisted of seed germination (normal seedlings, abnormal and dead seeds), seedling length (shoot, root and total) and seedling dry weight (shoot, root and total). Low rates of glyphosate change germination performance and early growth of corn seedlings. There hormesis effect for the germination and dry mass of shoots in rates of 0.084 and 7 g e.a. ha⁻¹ respectively for the AG9010 genotype and dry weight of shoot in doses of 8.16 g e.a. ha⁻¹ for Synthetic UEL genotype. The increase of the low rates of glyphosate promotes abnormal seedlings and seed mortality, and reduce the length and dry mass of radicles and seedlings.

Keywords: hormesis, germination, *Zea mays*.

O glifosato é o herbicida de maior utilização na agricultura mundial (Velini et al., 2010). Trata-se de um produto amplamente usado na maioria das culturas, como uma das ferramentas mais relevantes no controle de plantas daninhas. Sua ação afeta a síntese de metabólitos secundários em razão do bloqueio da rota do ácido chiquímico, com muitas implicações fisiológicas (Godoy, 2007). A implantação da tecnologia de plantas resistentes ao glifosato estimulou seu uso, principalmente em pós-emergência de soja e milho, com produção de possíveis efeitos negativos ao sistema produtivo (Serra et al., 2011).

Atualmente, o sistema de produção agrícola faz uso do glifosato em vários momentos, seja na dessecação pré-semeadura, pós-emergência de culturas tolerantes e pré-colheita, o que faz com que essa molécula esteja residualmente presente no solo e/ou nos restos vegetais, no caso de áreas conduzidas sob semeadura direta. Os genótipos de milho cultivados nesse ambiente, tanto os tolerantes ao glifosato quanto os convencionais, ficam expostos aos efeitos residuais desse herbicida (Albrecht et al., 2013).

O uso de substâncias consideradas tóxicas, em subdoses, pode estimular o crescimento e o desenvolvimento vegetal, em efeito conhecido como “hormese” (Velini et al., 2010; Belz & Duke, 2014). Estudos realizados com a aplicação de subdoses de glifosato em espécies como milho, soja, eucalipto, aveia, e em diferentes condições, apontaram, respectivamente, diversas reações, como estímulo de crescimento (Meschede et al., 2008; Velini et al., 2008; Silva et al., 2009; Gitti et al., 2011; Silva et al., 2012), aumento na área foliar, na altura das plantas e na produção vegetal (Velini et al., 2008), incremento na massa seca de plantas, no teor de tirosina e caroteno, e aumento na absorção de fósforo (Godoy, 2007; Meschede et al., 2011).

Tais informações foram obtidas com aplicações das subdoses de glifosato em pós-emergência inicial das plantas. Entretanto, o desempenho fisiológico de sementes expostas a baixas doses do herbicida pode ser influenciado durante a fase de germinação, com efeitos diretos no processo germinativo e, conseqüentemente, no crescimento e desenvolvimento das plantas e, possivelmente, na produtividade final (Piotrowicz-Cieślak et al., 2010; Bervaldo et al., 2010; Oliveira et al., 2013).

Trabalhos apontam problemas do uso do glifosato, dependendo do intervalo de tempo entre a dessecação e a semeadura das culturas (Constantin & Oliveira Júnior, 2005). Portanto, se faz necessária a maior investigação dos efeitos das subdoses de glifosato na germinação e no crescimento inicial do milho, de modo a detectar a ocorrência de possíveis efeitos prejudiciais, bem como de promoção de crescimento e desenvolvimento (hormese).

Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito das subdoses de glifosato sobre o processo germinativo e desenvolvimento de plântulas de cultivares convencionais de milho.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no município de Londrina, Paraná, Brasil. Foram utilizadas sementes de milho dos genótipos convencionais Sintético UEL (selecionado em razão da maior rusticidade) e AG 9010 PRO (selecionado por causa do seu grande uso na região de cultivo). O glifosato utilizado foi o produto comercial TROP®, de formulação contendo 480 g L⁻¹ de sal de isopropilamina de N-(fosfometil) glicina, 354,6 g L⁻¹ do equivalente ácido (e.a.) de N-(fosfometil) glicina (GLIFOSATO) e 684 g L⁻¹ de ingredientes inertes.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da interação dos dois genótipos (Sintético UEL e AG 9010 PRO) com as seis subdoses do glifosato (0; 3,5; 7,0; 10,5; 14,0 e 17,5 g e.a. ha⁻¹). O tratamento controle consistiu da embebição das sementes apenas em água. A preparação das subdoses do herbicida foi baseada em um volume de calda de 200 L ha⁻¹, em que a subdose de 17,5 g e.a. ha⁻¹ correspondeu a 50 ml do produto comercial por hectare.

Foram realizadas as seguintes avaliações: a) germinação: conduzida com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, em rolo de papel germitest umedecido com as soluções na proporção de duas vezes e meia a massa do papel seco, em câmara de germinação a 25 °C. Procedeu-se a uma única contagem aos oito dias após a semeadura, e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes mortas, conforme critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009); b) comprimento de plântulas (parte aérea, raiz e total): conduzida com quatro repetições de 20 sementes para cada tratamento, distribuídas na parte superior das folhas de papel germitest, que foram enroladas e umedecidas com a solução de glifosato, na proporção de duas vezes e meia a massa do papel seco, em câmara de germinação a 25 °C. Em seguida, procedeu-se a medição aos cinco dias após a instalação, e os resultados foram expressos em centímetros, conforme critérios estabelecidos por Nakagawa (1999); c) massa seca de plântulas (parte aérea, raiz e total): obtida com a utilização das plântulas do teste de comprimento, removendo-se o tecido de reserva remanescente. Foram separadas cinco plântulas de cada repetição, que posteriormente foram seccionadas em parte aérea e radícula. Cada amostra foi

colocada em saco de papel e levada para secagem em estufa com circulação de ar forçada, a 65 °C, durante 72 horas. Após esse período, as plântulas foram pesadas em balança analítica (0,001g), e os resultados, expressos em gramas (Nakagawa, 1999).

Os dados foram submetidos à análise de normalidade e homogeneidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, e posteriormente analisados por análise de variância. As médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey, e as subdoses, por análise de regressão até 2º grau, a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Os dados demonstraram diferenças entre os genótipos para todas as características, com exceção para a porcentagem de sementes mortas (Tabela 1). Para a germinação, não foram constatadas diferenças entre os materiais nas subdoses 0 (testemunha) e de 3,5 g e. a. ha⁻¹. Nas demais, com exceção de 7 g e. a. ha⁻¹, os maiores percentuais de germinação foram obtidos no genótipo Sintético UEL. O número de plântulas anormais não diferiu entre os genótipos para a testemunha, e foi maior para o genótipo AG 9010 PRO nas subdoses 3,5; 10,5; 14,0 e 17,5 g e. a. ha⁻¹.

A melhoria no desempenho fisiológico das sementes foi demonstrada pelo potencial germinativo superior e pelo menor número de plântulas anormais quando comparados os resultados da testemunha com os da menor subdose avaliada (3,5 g e.a. ha⁻¹) para ambos os genótipos. Para as maiores subdoses (10,5; 14 e 17,5 g e.a. ha⁻¹), o desempenho germinativo do genótipo sintético UEL foi menos afetado que o do AG 9010 PRO. Possivelmente, este fato ocorreu por causa da maior tolerância do genótipo ao efeito do glifosato, em função da maior quantidade de reservas

Tabela 1. Germinação (GE), plântulas anormais (P.A.), sementes mortas (S.M.), comprimento de radícula (C.R.), comprimento de parte aérea (C.P.A.), comprimento total (C.T.), massa seca de parte aérea (M.P.A.), massa seca de radícula (M.R.) e massa seca total (M.T.) em reposta a genótipos de milho e subdoses de glifosato. Londrina-PR, 2014.

Genótipo	Subdoses de glifosato (g e.a ha ⁻¹)						CV (%)
	0	3,5	7,0	10,5	14	17,5	
GE (%)							
Sintético UEL	70 A	80 A	43 B	42 A	38 A	33 A	6,35
AG 9010 PRO	66 A	82 A	54 A	23 B	25 B	8 B	
P.A. (%)							
Sintético UEL	11A	2 B	24 A	13 B	17 B	17 B	8,48
AG 9010 PRO	13 A	4 A	21B	27 A	28 A	33 A	
S.M. (%)							
Sintético UEL	19 A	18 A	33 A	48 A	45 A	50 A	8,93
AG 9010 PRO	21 A	14 A	25 A	50 A	47 A	59 A	
C.R. (cm)							
Sintético UEL	10,89 A	2,37 A	2,78 A	2,50 A	2,21 A	2,26 A	15,13
AG 9010 PRO	10,24 A	1,54 B	2,19 A	2,10 A	1,75 A	1,25B	
C.P.A. (cm)							
Sintético UEL	7,70 A	6,24 A	6,95 A	6,52 A	6,08 A	5,27 A	9,09
AG 9010 PRO	7,62 A	6,12 A	7,50 A	7,10 A	4,75 B	4,50 A	
C.T. (cm)							
Sintético UEL	18,59 A	8,61 A	9,73 A	9,01 A	8,29 A	7,52 A	7,39
AG 9010 PRO	17,87 A	7,66 A	9,68 A	9,20 A	6,44B	5,80B	
M.P.A. (g)							
Sintético UEL	0,128 A	0,140 A	0,154 A	0,141 A	0,131 A	0,118 A	9,17
AG 9010 PRO	0,127 A	0,099 B	0,112 B	0,107 B	0,072 B	0,067 B	
M.R. (g)							
Sintético UEL	0,086 A	0,070 A	0,070 A	0,064 A	0,058 A	0,052 A	21,69
AG 9010 PRO	0,057 B	0,047 B	0,046 B	0,044 B	0,041 B	0,038 A	
M.T. (g)							
Sintético UEL	0,215 A	0,209 A	0,224 A	0,204 A	0,189 A	0,170 A	9,80
AG 9010 PRO	0,190 B	0,146 B	0,157 B	0,151 B	0,123 B	0,115 B	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si nas colunas (maiúsculas) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

que as suas sementes possuem, que são, em média, 30% superiores em relação ao genótipo AG 9010 PRO. Deste modo, a maior massa das sementes do genótipo Sintético UEL fez com que, provavelmente, ocorresse maior diluição do herbicida em seu endosperma, com redução dos prejuízos à sua germinação.

O comprimento de raiz das plântulas foi superior para o genótipo Sintético UEL, nas subdoses 3,5 e 17,5 g e.a. ha⁻¹. Para o comprimento de parte aérea e total, o melhor desempenho do genótipo sintético UEL foi verificado nas subdoses 14 g e.a ha⁻¹ e 14 e 17,5 g e.a. ha⁻¹, respectivamente. O maior crescimento das plântulas desse genótipo está relacionado com a maior tolerância dele às maiores subdoses do glifosato; essa característica possibilitou um maior número de plântulas normais, como visto acima, e essa resposta se deve principalmente ao maior desenvolvimento das radículas.

A massa seca total de plântulas confirmou a superioridade do genótipo Sintético UEL em relação ao AG 9010 PRO, em todas as subdoses utilizadas. A massa seca da parte aérea e raiz, à exceção da testemunha para a parte aérea e da subdose de 17,5 g e.a ha⁻¹ para a raiz, também foi superior em todas as subdoses utilizadas.

O glifosato possui como seu sítio de ação a enzima EPSPS (5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase), sendo essa degradada pelo herbicida, paralisando a produção de corismato e conseqüentemente de três aminoácidos aromáticos (tirosina, fenilalanina e triptofano) que produziriam diversas famílias de compostos responsáveis pela regulação de crescimento ou defesa das plantas. Dentre esses taninos condensados se destacam antocianinas, vitamina E, ácido indolacético (AIA), ácido salicílico, lignina, flavonas, isoflavonas, fenilpropanoides e cumarinas,

que são fundamentais ao crescimento e desenvolvimento vegetal (Velini et al., 2009).

A interferência do produto na formação desses compostos é a responsável pelos danos ao processo germinativo das sementes de milho, com destaque para o desbalanço na relação entre AIA e ácido abscísico (ABA), em que o primeiro é reduzido com a ação do glifosato, ocorrendo maior efeito de inibição da germinação por causa do ABA (Taiz & Zeiger, 2009). Estes ácidos são mais graves para o genótipo AG 9010 PRO, que demonstrou menor tolerância, nas três maiores subdosagens do herbicida.

Houve comportamento quadrático da porcentagem de germinação em resposta ao incremento das subdoses de glifosato (Figura 1) para o genótipo AG9010 e linear decrescente para Sintético UEL, com ponto de máximo potencial germinativo na subdose de 0,084 g e.a ha⁻¹ de glifosato para o genótipo AG9010, evidenciando efeito de hormese anteriormente relatado para milho em pós-emergência (Velini et al., 2008). Resposta semelhante foi relatada por Wagner et al. (2003), onde a absorção de até 0,6 mg de glifosato propiciou crescimento 20% superior às plantas de milho em estágio inicial de desenvolvimento.

O decréscimo observado na porcentagem de germinação é decorrente da diminuição na permeabilidade de membranas celulares, que dificulta o transporte de reservas (Bervald et al., 2010), relacionando-se diretamente com o aumento observado no número de plântulas anormais e de sementes mortas que acompanharam o aumento nas subdoses do herbicida.

Esses efeitos observados sobre o desempenho germinativo das sementes se relacionam com a conhecida ação do glifosato que age bloqueando a biosíntese de aminoácidos aromáticos por meio da interrupção de seus precursores. Isso faz com que aminoá-

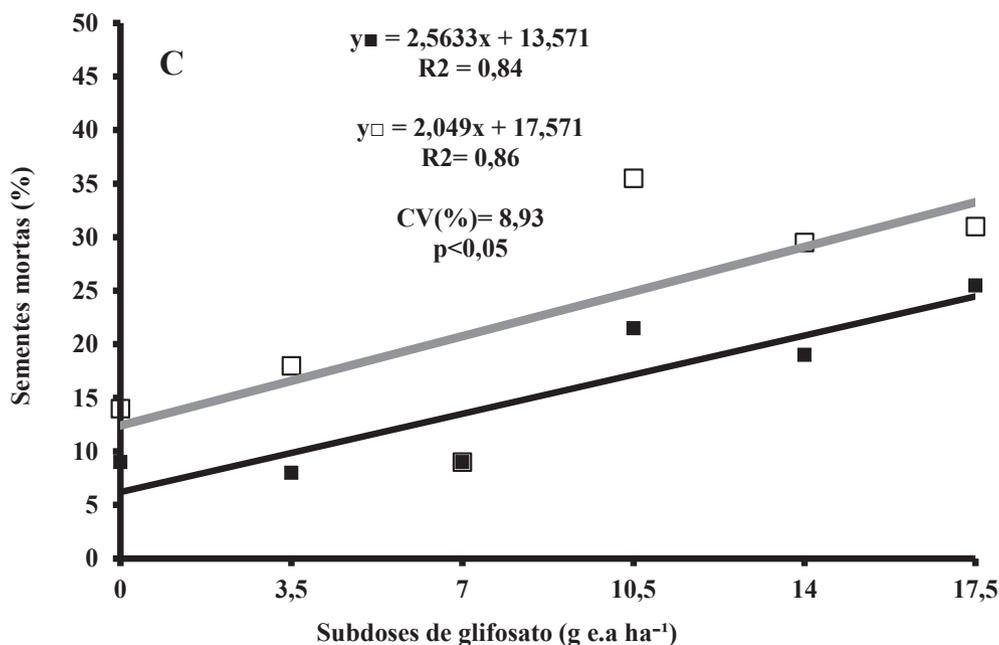


Figura 1. Germinação (A) e plântulas anormais (B) e sementes mortas (C) para os genótipos de milho Sintético UEL (□) e AG 9010 PRO (■) em função das subdoses de glifosato. Londrina-PR, 2014.

cidos indispensáveis para a síntese de proteínas e metabólitos secundários não estejam mais disponíveis, ocorrendo então a redução nos níveis de proteínas solúveis nos tecidos, e conseqüentemente há prejuízo direto à germinação e ao crescimento e desenvolvimento inicial das plantas (Velini et al., 2009).

O déficit de aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos secundários tem como consequência efeito inibitório na organogênese, impedindo a diferenciação das raízes, conseqüentemente afetando o desenvolvimento de plântulas normais (Bervald et al., 2010), como constatado neste estudo.

Esses resultados corroboram os obtidos por Bervald et al. (2010), que observaram redução da qualidade fisiológica das sementes de genótipos de soja convencional e tolerante com o incremento das doses do glifosato. Trabalho realizado com feijoeiro por Oliveira et al. (2013) também demonstrou diminuição na germinação de sementes com as maiores

doses de glifosato. Piotrowicz-Cieślak et al. (2010), trabalhando com várias espécies cultivadas, observaram redução significativa do potencial germinativo como resposta ao estresse causado pelo herbicida nas subdoses empregadas. Dentre essas espécies, o sorgo se mostrou muito sensível ao glifosato, podendo ser utilizado como bioindicador de solo com resíduos de herbicida.

Houve redução de 53% na germinação das sementes do genótipo Sintético UEL, quando comparadas à testemunha sem glifosato e à maior subdose de 17,5 g e.a. ha⁻¹; para o AG9010, a redução foi mais acentuada, de 88% da testemunha em relação à maior subdose. Isso demonstra o quão prejudicial pode ser o contato das sementes de milho convencional com esse herbicida. A literatura traz alguns trabalhos que questionam a rápida degradação e adsorção desse herbicida aos colóides do solo, havendo condições específicas em que a adsorção é prejudicada, como

solos arenosos, com alto pH, com baixa saturação por bases, com alto teor de fósforo e baixa quantidade de matéria orgânica (Sprankle et al., 1975; Yamada & Castro, 2007).

Ainda no que tange a ação do herbicida, é necessário ressaltar a interferência desse sobre a produção de ácido indol-acético (AIA), hormônio que possui direta relação com o processo germinativo das sementes, juntamente com ácido abscísico (ABA), responsável pelos processos fisiológicos de desenvolvimento das sementes e da germinação (Pieruzzi, 2009). Provavelmente, o glifosato ocasionou um desbalanço hormonal, que diminuiu a concentração de AIA, e conseqüentemente aumentou o ABA, o que reduziu a germinação das sementes, conforme se acresceu a quantidade de glifosato, sendo importante observar que até o ponto de máximo de 0,084 g e.a. ha⁻¹ o herbicida promoveu a germinação, porém a partir dessa foi notório o efeito deletério para o genótipo AG 9010. No caso do genótipo Sintético UEL, houve comportamento linear decrescente, conforme se acresceram as subdoses de glifosato.

Além do desempenho germinativo, o crescimento das plântulas também foi alterado pelas subdoses de glifosato. O comprimento de plântulas (Figura 2) foi reduzido com o aumento das subdoses de glifosato, sendo o comprimento de radícula o que mais contribuiu para a redução de crescimento total das plântulas. Novamente esse efeito nas plântulas é atribuído à ação inibitória do herbicida que provoca o déficit de aminoácidos aromáticos e compostos fenólicos secundários, afetando a organogênese, e retardando e/ou paralisando a diferenciação das raízes (Bervalde et al., 2010).

Concordando com os resultados obtidos, alguns autores observaram que a ação do glifosato reduz o comprimento das plântulas, parte aérea e raiz,

além de inibir a emissão de raízes secundárias dos genótipos de soja convencionais, sendo que a ausência dessas raízes foi utilizada como um dos principais parâmetros na diferenciação de plântulas dos genótipos suscetíveis e resistentes ao herbicida (Tillmann & West, 2004; Bertagnolli et al., 2006; Funguetto et al., 2004).

Rebessi et al. (2011), avaliando a toxicidade do herbicida glifosato em sementes de milho, também observaram efeito deletério dele em quase todas as doses utilizadas, com redução efetiva na germinação e no desenvolvimento das radículas, como constatado neste estudo.

Para o comprimento de parte aérea, verificou-se comportamento linear decrescente para ambos os genótipos utilizados, com taxa de decréscimo de 0,19 cm e 0,11 cm a cada 1 g e.a. ha⁻¹ de glifosato adicionado, para AG9010 e Sintético UEL, respectivamente. Esses resultados divergem de Wagner et al. (2003), que relatam que o crescimento inicial das plantas de milho apresentou comportamento de hormese até a dose de 0,6 mg, com diminuição de crescimento em doses superiores a essa.

Assim como para o comprimento, a massa seca de plântulas demonstrou efeito significativo das subdoses do herbicida sobre as plântulas (Figura 3). A porção radicular (Figura 3b) foi linearmente reduzida em resposta ao aumento das subdoses, o que gerou consequência direta sobre a massa seca total das plântulas (Figura 3c).

Comparando-se a testemunha e a maior subdose de 17,5 g e.a ha⁻¹, houve redução da ordem de 40% e 34% na massa seca de radícula para os genótipos Sintético UEL e AG9010, respectivamente. E de 21% e 40% na massa seca total das plântulas de Sintético UEL e AG9010, respectivamente. Desempenho semelhante foi observado para genótipos de

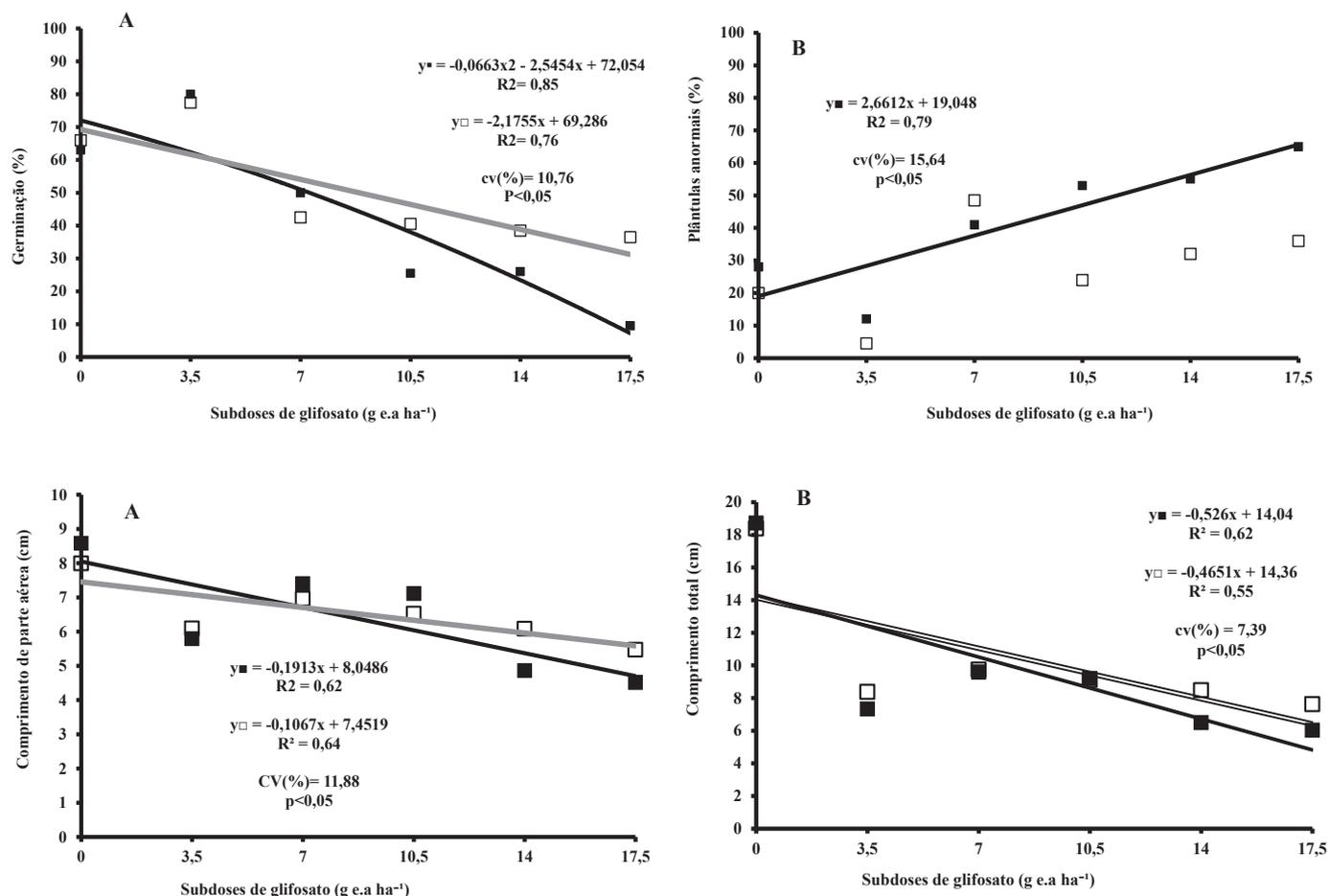


Figura 2. Comprimento de parte aérea (A) e total (B) de plântulas de dois genótipos de milho Sintético UEL (□) e AG 9010 PRO (■) em função das subdoses de glifosato. Londrina-PR, 2014.

soja convencional e tolerante ao glifosato, sendo que, para o convencional, esse efeito não foi tão acentuado (Melhorança Filho et al., 2011). Em trabalho com espécies arbóreas Cornish e Burgin (2005) também constataram o efeito de redução de massa de raízes.

Diferindo do que foi encontrado para a porção radicular, a parte aérea (Figura 3a) demonstrou ajuste quadrático para a massa seca dos dois genótipos, com ponto de máxima de 7 g e.a. ha⁻¹ para o genótipo AG9010 e 8,16 g e.a. ha⁻¹ para o genótipo Sintético UEL. Corroborando com o resultado de comprimento da parte aérea de plântulas, fica evidenciado o efeito de hormese também para a massa seca de parte aérea.

Respostas semelhantes de aumento da massa seca de parte aérea foram evidenciadas para cevada (Cedergreen & Olesen, 2010), milho (Velini et al., 2008; Wagner et al., 2003) e capim (Schabenberger et al., 1999) quando utilizadas baixas dosagens de glifosato.

Os resultados observados para germinação e crescimento inicial da plântula de milho permitem inferir que é possível incremento de desempenho por hormese na utilização de doses reduzidas de glifosato. No entanto, mais estudos são necessários para determinar as subdoses adequadas para exploração desse efeito, bem como a interação com outros fatores de produção (genótipos, ambiente, manejo, etc.).

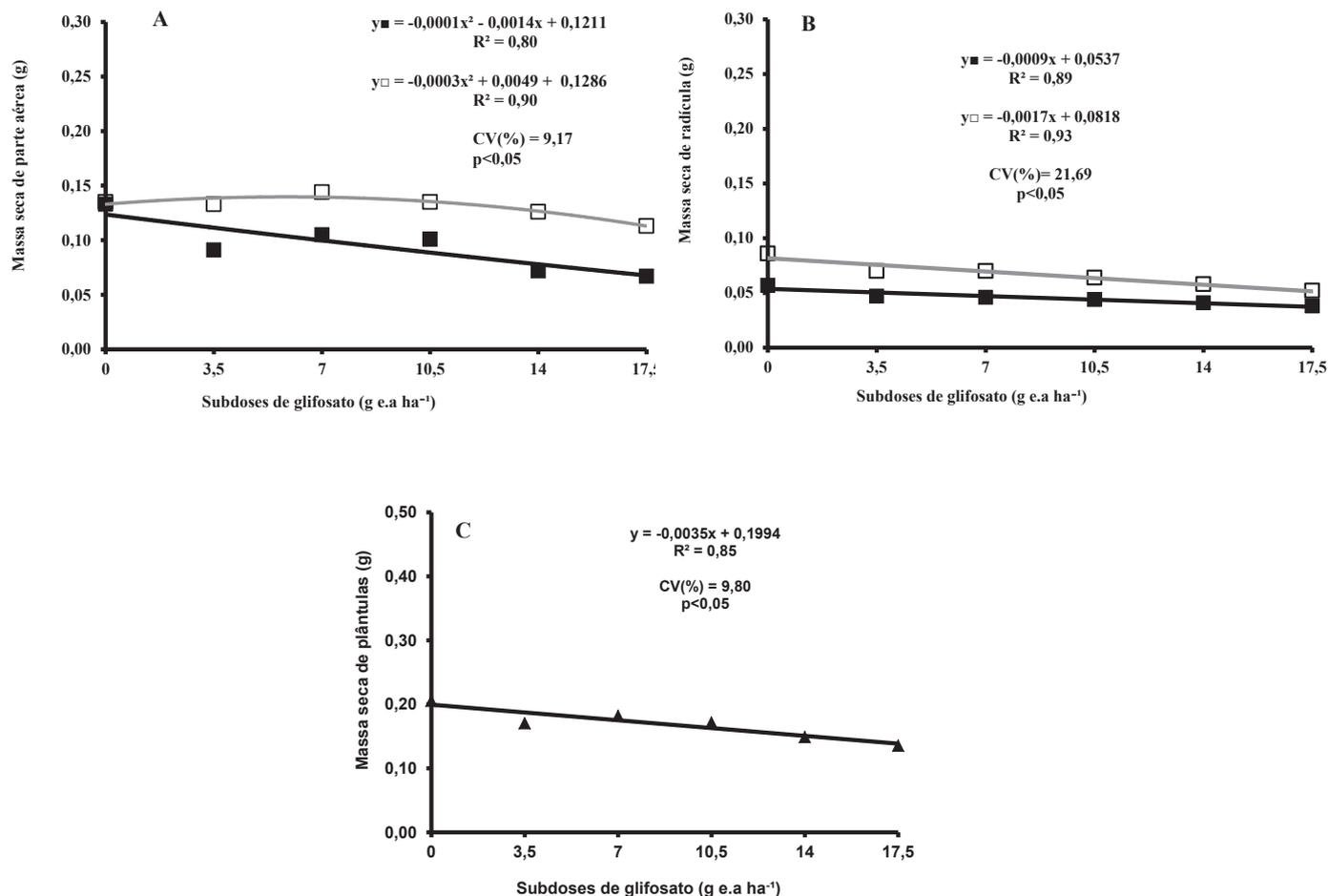


Figura 3. Massa seca de parte aérea (A) e massa seca de radícula (B) de plântulas de dois genótipos de milho Sintético UEL (□) e AG 9010 PRO (■) e média dos genótipos (▲) em função das subdoses de glifosato. Londrina-PR, 2014.

A maioria das subdoses utilizadas causou efeito negativo sobre o processo germinativo e o desenvolvimento inicial de plântulas, o que demonstra a uma necessidade de maior critério no manejo das culturas com utilização do glifosato. O uso exagerado e/ou inadequado do herbicida pode ocasionar o efeito residual no solo e comprometer tanto o estabelecimento do estande quanto o desempenho produtivo da cultura do milho convencional.

Conclusões

O desempenho germinativo e o crescimento inicial das plântulas de milho são alterados pelas subdoses de glifosato.

Existe efeito de hormese para germinação e massa seca de parte aérea nas subdoses de 0,084 e 7 g e.a ha⁻¹ respectivamente para o genótipo AG9010 e para massa seca da parte aérea na sub-

dose de 8,16 g e.a ha⁻¹ para o genótipo Sintético UEL.

O incremento das subdoses de glifosato favorece a anormalidade de plântulas e a mortalidade de sementes, além de diminuir o comprimento e a massa seca das radículas e de plântulas.

Referências

- ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; VICTORIA FILHO, R. Soja RR e o Glyphosate. In: ALBRECHT, L. P.; MISSIO, R. F. (Ed.). Manejo de cultivos transgênicos. Palotina: UFPR, 2013. p. 25-45.
- BELZ, R. B.; DUKE, S. O. Herbicides and the plant hormones. **Pest Management Science**, Washington, v. 70, n. 5, p. 698-707, 2014. DOI: [10.1002/ps.3726](https://doi.org/10.1002/ps.3726).
- BERTAGNOLLI, C. M.; TILLMANN, M. Â. A.; VILLELA, F. A. Sistema hidropônico com uso de solução de herbicida na detecção de soja geneticamente modificada resistente ao glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 182-192, 2006. DOI: [10.1590/S0101-31222006000200024](https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000200024).
- BERVALD, C. M. P.; MENDES, C. R.; TIMM, F. C.; MORAES, D. M.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. Desempenho fisiológico de sementes de soja de cultivares convencional e transgênica submetidas ao glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 9-18, 2010. DOI: [10.1590/S0101-31222010000200001](https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200001).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 395 p.
- CEDERGREEN, N.; OLESEN, C. F. Can glyphosate stimulate photosynthesis? **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 96, n. 3, p. 140-148, 2010. DOI: [10.1016/j.pestbp.2009.11.002](https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.11.002).
- CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. **Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. 2 p. (Informações Agronômicas, 109).
- CORNISH, P. S.; BURGIN, S. Residual effects of glyphosate herbicide in ecological restoration. **Restoration Ecology**, Washington, v. 13, n. 4, p. 695-702, 2005. DOI: [10.1111/j.1526-100X.2005.00088.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00088.x).
- FUNGUETTO, C. I.; TILLMANN, M. Â. A.; VILLELA, F. A.; DODE, L. B. Detecção de sementes de soja geneticamente modificada tolerante ao herbicida glifosato. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 130-138, 2004. DOI: [10.1590/S0101-31222004000100020](https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000100020).
- GITTI, D. D. C.; ARF, O.; PERON, I. B. G.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI, D. C. D. C.; RODRIGUES, R. A. F. Glyphosate como regulador de crescimento em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 500-507, 2011. DOI: [10.5216/pat.v41i4.10160](https://doi.org/10.5216/pat.v41i4.10160).
- GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja**. 2007. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- MELHORANÇA FILHO, A. L.; PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, D. Efeito de subdoses de glyphosate sobre a germinação de sementes das cultivares de soja RR e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 686-691, 2011.
- MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A. Baixas doses de glyphosate e seus efeitos no crescimento de *Commelina benghalensis*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 7, n. 2, p. 53-58, 2008.
- MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; SILVA, J. R. M. Alteração fisiológica da cana-de-açúcar pela aplicação de glyphosate e sulfometuron-methyl. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 413-419, 2011. DOI: [10.1590/S0100-83582011000200019](https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000200019).
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.

- D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p. 1-24.
- OLIVEIRA, R. S. G. P.; SILVA, J. E. N.; COSTA E SILVA, F. C.; BEZERRA, J. L. S.; MELHORANÇA FILHO, A. L. Efeito de subdoses de glyphosate sobre germinação e desenvolvimento inicial do feijoeiro. **Revista Eletrônica de Biologia**, Sorocaba, v. 6, n. 1, p. 35-47, 2013.
- PIERUZZI, P. F. **Quantificação de aminoácidos, poliaminas, AIA e ABA e marcadores protéicos na germinação de sementes de *Ocotea odorifera* Vell. (Lauraceae)**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
DOI: [10.11606/D.41.2009.tde-24022010-105449](https://doi.org/10.11606/D.41.2009.tde-24022010-105449).
- PIOTROWICZ-CIEŚLAK, A. I.; ADOMAS, B.; MICHALCZYK, D. J. Different glifosato phytotoxicity to seeds and seedlings of selected plant species. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 19, n. 1, p. 123-129, 2010.
- REBESSI, A. C.; MEDINA, A. F.; PEREIRA, B.; FRANÇA, D.; SANTOS, D. F.; MENDES, F. Estudo da toxicidade crônica do herbicida glyphosate em sementes de milho, de quiabo e rúcula. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 2, p. 3-16, 2011.
- SCHABENBERGER, O.; KELLS J. J.; PENNER, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose-response. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n. 4, p. 713-721, 1999.
- SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; CANDIDO, A. C. S.; DIAS, A. C. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 77-84, 2011.
DOI: [10.1590/S0103-84782011000100013](https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000100013).
- SILVA, J. C.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; KURYIAMA, C. S.; RODRIGUES, R. A. F. Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012.
DOI: [10.1590/S1983-40632012000300008](https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000300008).
- SILVA, M. D. A.; ARAGÃO, N. C.; BARBOSA, M. A.; JERONIMO, E. M.; CARLIN, S. D. Efeito hormético de glyphosate no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 973-978, 2009.
DOI: [10.1590/S0006-87052009000400017](https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400017).
- SPRANKLE, P.; MEGGIT, W.; PENNER, D. Adsorption, mobility and microbial degradation of glyphosate in soil. **Weed Science**, Chichester, v. 23, p. 229-234, 1975.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.
- TILLMANN, M. Â. A.; WEST, S. Identification of genetically modified soybean seeds resistant to glyphosate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 336-341, 2004.
DOI: [10.1590/S0103-90162004000300017](https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000300017).
- VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHEDÉ, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, Sussex, v. 64, n. 4, p. 489-496, 2008. DOI: [10.1002/ps.1562](https://doi.org/10.1002/ps.1562).
- VELINI, E. D.; DUKE, S. O.; TRINDADE, M. L. B.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D.; MESCHEDÉ, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 113-133.
- VELINI, E. D.; TRINDADE, M. L. B.; BARBERIS, L. R. M.; DUKE, S. O. Growth regulation and other secondary effects of herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 351-354, 2010. DOI: [10.1614/WS-D-09-00028.1](https://doi.org/10.1614/WS-D-09-00028.1).
- WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology and Management**, v. 3, n. 4, p. 228-232, 2003.
DOI: [10.1046/j.1444-6162.2003.00110.x](https://doi.org/10.1046/j.1444-6162.2003.00110.x).
- YAMADA, T.; CAMARGO; CASTRO, P. R. **Efeito do glyphosate nas plantas: implicações fisiológicas e agrônomicas**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. 32 p. (Informações Agrônomicas, 119).