

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Sementes

Dissertação



**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLIOLÓGICA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE
SOJA E MILHO EM RESPOSTA DIFERENCIAL À CONJUGAÇÃO TSI E GLIFOSATO**

Monica Garcia

Pelotas, 2020

Monica Garcia

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE
SOJA E MILHO EM RESPOSTA DIFERENCIAL À CONJUGAÇÃO TSI E GLIFOSATO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde

Co-Orientador: Prof. Dr. Tiago Pedó

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G216c Garcia, Monica

Caracterização morfofisiológica de sementes e plântulas de soja e milho em resposta diferencial à conjugação TSI e glifosato / Monica Garcia ; Tiago Zanatta Aumonde, orientador ; Tiago Pedó, coorientador. — Pelotas, 2020.

54 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Sementes - Desempenho fisiológico . 2. *Zea mays*. 3. *Glycine max*. 4. Glifosato. 5. Fitotoxicidez . I. Aumonde, Tiago Zanatta, orient. II. Pedó, Tiago, coorient. III. Título.

CDD : 631.521

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Monica Garcia

Caracterização morfofisiológica de sementes e plântulas de soja e milho em resposta diferencial à conjugação TSI e glifosato.

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes, programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 20 de Julho de 2020.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Tiago Pedó
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

Dra. Andreia da Silva Almeida
Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

Dr. Suemar Alexandre Gonçalves Avelar
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas

“Para você, minha amada mãe, mais uma vez”, dedico.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, sempre generoso, compreensivo e conhecedor dos nossos corações. Ele que nunca falha, nunca erra e nunca se engana. Gratidão pelo que me proporcionou até aqui e pelo que sei que ainda vai me trazer.

Agradeço minha mãe por um “tudo” que não se explica, que não se mede e não se entende. Ela que é minha maior inspiração e incentivadora, além de parceira, companheira, conselheira e musa. Meu eterno exemplo.

Agradeço ao amor, por ser grande, imprevisível, presente, próprio ou compartilhado, por me cercar de todos os lados e me sustentar todas as vezes em que pensei que fosse cair.

Agradeço meu querido orientador, Tiago Zanatta Aumonde, a quem considero tanto, que nesse momento para agradecer, retiro os títulos cujo nome precedem, não para diminuir, mas sim para aproximar, para com admiração, respeito e carinho chamar apenas de amigo. Nossos nomes caminharão juntos à partir de agora através dessa obra que produzimos, espero que seja motivo de orgulho para você tanto quanto é para mim.

Agradeço a todos os amigos que me permitem fazer parte dos seus momentos em família, que confiam em mim e me confidenciam suas vidas, que me dão espaço sincero e genuíno em seus corações e que me acompanham de perto, de longe, de muito longe... vocês são essenciais.

Agradeço aos colegas de trabalho que suportaram minhas ausências mantendo as atividades em perfeita ordem e que estavam sempre dispostos a ouvir as histórias e desventuras das fatídicas idas a saudosa Pelotas.

Por fim, agradeço aos colegas da turma de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPel pelos encontros icônicos, as noitadas frias, os bordões, as figurinhas, as risadas, o conhecimento compartilhado, as experiências, as lições dadas e aprendidas e acima de tudo, ao forte laço entre nós criado. Nosso encontro foi ímpar e singular, as próximas turmas que lutem para nos superar!

Muito obrigada!

Resumo

GARCIA, Monica. **Caracterização morfofisiológica de sementes e plântulas de soja e milho em resposta diferencial à conjugação TSI e glifosato**. Orientador: Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde. 2020. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O presente trabalho objetivou efetuar a caracterização morfofisiológica de sementes e plântulas de soja e milho em resposta diferencial à conjugação TSI e glifosato, durante o desempenho fisiológico inicial. A cultivar de soja utilizada foi a P98C81 e de milho o híbrido P3898, ambos em suas versões convencionais. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (semente tratada ou não tratada x 1 cultivar x 7 concentrações x 6 repetições). As sementes tratadas foram submetidas ao tratamento composto por Clorantraniliprone (Dermacor®), Clotianidina (Poncho®), Fludioxonil+Metalaxil-M (Maxim®), Carbendazim+Tiram (Derosal®), Pirimifós-metílico (Actellic®) e Deltametrina (K-Obiol®). As concentrações de sal de potássio (Xequê Mate®) foram: 620,0 g L⁻¹ ou 62,0% *m/v*, conforme segue: Solução 1 – 0 mL de produto para 1.000 mL de água; Solução 2 – 1,56 mL de produto para 998,44 mL de água; Solução 3 – 3,12 mL de produto para 996,88 mL de água; Solução 4 – 6,25 mL de produto para 993,75 mL de água; Solução 5 – 12,5 mL de produto para 987,5 mL de água; Solução 6 – 25 mL de produto para 975 mL de água; Solução 7 – 35 mL de produto para 965 mL de água. As soluções foram utilizadas para umedecer o papel substrato utilizado na semeadura. Foram avaliados germinação, comprimento de parte aérea e de raiz primária e efetuada a caracterização qualitativa das plântulas. Em condições normais de germinação, sementes de soja tratadas obtiveram resultado superior às não tratadas. Houve redução do comprimento de raízes de plântulas de ambas as culturas sob exposição do aumento da concentração de glifosato. Os principais sintomas de anormalidade observados em plântulas em solução de glifosato foram encurtamento e enrijecimento da raiz primária, fendas no hipocótilo e amarelecimento dos cotilédones para soja e encurtamento e enrijecimento da raiz primária, parte aérea pouco desenvolvida e plúmula amarelada ou hialina para milho.

Palavras chave: *Glycine max*. *Zea mays*. Fitotoxicidez. Glifosato.

Abstract

GARCIA, Monica. **Morphophysiological characterization of soybean and corn seeds and seedlings in differential response to TSI and glyphosate conjugation.** Advisor: Prof. Dr Tiago Zanatta Aumonde: 2020. 53p. Dissertation (Master Degree in Seed Science and Technology) - Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020.

The present work aimed to carry out the morphophysiological characterization of soybean and corn seeds and seedlings in a differential response to the TSI and glyphosate conjugation, during the initial physiological performance. The soybean cultivar used was P98C81 and maize the hybrid P3898, both in their conventional versions. The experimental design adopted was completely randomized, in a factorial scheme (treated or untreated seed x 1 cultivar x 7 concentrations x 6 repetitions). The treated seeds were submitted to the treatment composed by Chloranthranilprone (Dermacor®), Clothianidin (Poncho®), Fludioxonil + Metalaxil-M (Maxim®), Carbendazim + Tiram (Derosal®), Pyrimiphos-methyl (Actellic®) and Deltamethrin (K -Obiol®). The concentrations of potassium salt (Check Mate®) were: 620.0 g L⁻¹ or 62.0% w / v, as follows: Solution 1 - 0 mL of product to 1,000 mL of water; Solution 2 - 1.56 mL of product to 998.44 mL of water; Solution 3 - 3.12 mL of product to 996.88 mL of water; Solution 4 - 6.25 mL of product to 993.75 mL of water; Solution 5 - 12.5 mL of product to 987.5 mL of water; Solution 6 - 25 mL of product to 975 mL of water; Solution 7 - 35 mL of product to 965 mL of water. The solutions were used to moisten the substrate paper used for sowing. Germination, shoot length and primary root were evaluated and the qualitative characterization of the seedlings was performed. Under normal germination conditions, treated soybean seeds obtained a better result than untreated ones. There was a reduction on seedling roots for both cultures under exposure to increased glyphosate concentration. The main symptoms of abnormality observed in seedlings in glyphosate solution were shortening and stiffening of the primary root, cracks in the hypocotyl and yellowing of the cotyledons for soybeans and shortening and stiffening of the primary root, underdeveloped aerial part and yellowish or hyaline plumule for corn.

Keywords: *Glycine max.* *Zea mays.* Phytotoxicity. Glyphosate.

Lista de Figuras

Figura 1	Germinação de sementes de soja tratadas e não tratadas sob influência de diferentes concentrações de glifosato.....	30
Figura 2	Comprimento de parte área de plântulas de soja originadas de sementes tratadas e não tratadas sob influência de diferentes concentrações de glifosato.....	32
Figura 3	Plântulas de soja originadas de sementes não tratadas sob influência da concentração de 6,25 mL L ⁻¹ de glifosato.....	33
Figura 4	Plântulas de soja originadas de sementes tratadas (4A e 4B) e não tratadas (4C) sob influência das concentrações de 1,56 mL L ⁻¹ (A); 3,12 mL L ⁻¹ (B) e 6,25 mL L ⁻¹ (C) de glifosato.....	34
Figura 5	Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas industrialmente, sob influência da concentração de 6,25 mL L ⁻¹ de glifosato.....	35
Figura 6	Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas industrialmente sob influência da concentração de 25 mL L ⁻¹ (A e B) e 35 mL L ⁻¹ (C) de glifosato.....	35
Figura 7	Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas industrialmente sob influência da concentração de 35 mL L ⁻¹ de glifosato.....	36
Figura 8	Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes não tratadas e sob influência das concentrações de 6,25 mL L ⁻¹ (A) e 12,5 mL L ⁻¹ (B, C, D) de glifosato.....	37

Figura 9	Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas e sob influência das concentrações de 6,25 mL L ⁻¹ (A), 12,5 mL L ⁻¹ (B), 25 mL L ⁻¹ (C) e 35 mL L ⁻¹ (D) de glifosato.....	37
Figura 10	Comprimento de raiz primária em plântulas de milho originadas de sementes tratadas e não tratadas sob influência de concentrações de glifosato.....	41
Figura 11	Desenvolvimento de plântulas de milho originadas de sementes tratadas e sob influência das concentrações de 1,56 mL L ⁻¹ (A e B) e 12,5 mL L ⁻¹ (C) de glifosato.....	42
Figura 12	Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência da concentração de 3,12 mL L ⁻¹ de glifosato.....	42
Figura 13	Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência da concentração de 12,5 mL L ⁻¹ de glifosato.....	43
Figura 14	Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência das concentrações de 3,12 mL L ⁻¹ (A) e 6,25 mL L ⁻¹ (B e C) de glifosato.....	43
Figura 15	Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência da concentração de 6,25 mL L ⁻¹ de glifosato.....	44
Figura 16	Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência da concentração de 12,5 mL L ⁻¹ de glifosato.....	44
Figura 17	Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 6,25 mL L ⁻¹ (A e B) e 12,5 mL L ⁻¹ (C) de glifosato.....	45
Figura 18	Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência das concentrações de 12,5 mL L ⁻¹ (A), 25 mL L ⁻¹ (B, D) e de 35 mL L ⁻¹ (C) de glifosato.....	46
Figura 19	Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 6,25 mL L ⁻¹ (A), 25 mL L ⁻¹ (B) e 35 mL L ⁻¹ (C) de glifosato	46
Figura 20	Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência da concentração de 3,12 mL L ⁻¹ de glifosato	47
Figura 21	Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 25 mL L ⁻¹ (A) e 35 mL L ⁻¹ (B) de glifosato....	48

Figura 22 Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 12,5 mL L⁻¹ (A) e 25 mL L⁻¹ (B) de glifosato. 48

Lista de Tabelas

Tabela 1	Análise de variância com os quadrados médios da germinação (G), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz primária (CRP) para plântulas de soja sob influência do tratamento de sementes e diferentes concentrações de glifosato	27
Tabela 2	Germinação de sementes de soja, com ou sem tratamento, sob influência de diferentes concentrações de glifosato.....	29
Tabela 3	Comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas de soja, com ou sem tratamento, sob influência diferentes concentrações de glifosato.....	31
Tabela 4	Análise de variância com os quadrados médios da germinação (G), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz primária (CRP) para plântulas de milho sob influência do tratamento de sementes e diferentes concentrações de glifosato	38
Tabela 5	Germinação de sementes de milho, com ou sem tratamento, sob influência de diferentes concentrações de glifosato.....	38
Tabela 6	Comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas de milho, com ou sem tratamento, sob influência de diferentes concentrações de glifosato.....	39

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Fitotoxicidez	19
2.1.1	Soja	21
2.1.2	Milho	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
6	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A safra 18/19 da soja produziu mais de 362 milhões de toneladas no mundo, sendo a participação brasileira de quase 32% desse volume, ou seja, próximo a 115 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2019).

Já o milho teve sua produção na safra brasileira 19/20 estimada em mais de 245 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 1,6% em relação à safra 18/19 (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

A taxa de utilização de sementes para ambas as culturas é um desafio em todo país com especial atenção para o Rio Grande do Sul que detém os menores percentuais (ABRASEM, 2018).

A soja e o milho estão entre as mais importantes culturas produzidas no mundo e seu uso vai desde alimentação (humana e animal) até as indústrias de alta tecnologia e produtos especializados.

O uso de sementes de alta qualidade para atingir maiores produtividades tem sido amplamente discutido e recomendado aos produtores por especialistas na área de sementes. Estudos têm mostrado que existe relação direta no aumento da produtividade em lavouras que partiram de sementes de alta qualidade.

O tratamento industrial de sementes, que visa assegurar o desempenho genético que a semente já possui, através da “proteção” contra pragas na própria semente e durante o processo inicial de germinação, é considerado um dos principais processos que antecedem a semeadura. Proteger as sementes nos estádios iniciais de desenvolvimento é essencial para garantia do estabelecimento e uniformidade da lavoura. Em contrapartida, podem, durante o armazenamento, a diminuir a qualidade fisiológica das sementes e/ou causar efeitos fitotóxicos, situações essas que podem causar quebras drásticas de produção.

A fitotoxicidade é definida como sendo a alteração no desenvolvimento de uma planta/plântula causada por efeito tóxico de certas substâncias. Pode ser causada por contato ou de forma sistêmica, ou seja, influenciando no metabolismo vegetal e nos processos fisiológicos da planta. Em algumas situações, a planta é exposta à substância potencialmente tóxica e não apresenta sintomas, crescendo e produzindo normalmente, no entanto, as sementes originadas podem apresentar

sintomas advindos ou relacionados ao produto. Este tema, é bastante presente na rotina dos laboratórios de análise de sementes e, geralmente, gera dúvidas devido ao limitado material de referência que ilustra os sintomas nas sementes e plântulas das principais grandes culturas.

Salgado et al. (2013), obtiveram como resultado em sua pesquisa de germinação de sementes de milho tratadas com inseticidas, que sementes armazenadas com tratamento têm influência na germinação e que essa influência está diretamente ligada ao número de sementes não germinadas.

As Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) indicam o teste de controle biológico para verificação de substâncias nocivas que podem estar no substrato. Neste teste é comparado papel do lote anterior com o novo lote adquirido, utilizando-se uma espécie considerada sensível. A avaliação desses substratos é efetuada comparando-se o desenvolvimento das raízes das plântulas originadas de sementes germinadas em ambos os tipos de papéis e, preferivelmente, por ocasião da primeira contagem de germinação devido aos sintomas de inibição se mostrarem mais pronunciados nas raízes em estágio inicial de desenvolvimento.

As regras internacionais para análise de sementes (ISTA) orientam para que o teste biológico seja feito com duas espécies, sendo que dentre as permitidas está o milho, cujo uso pelas RAS e pelo LASO supervisor do MAPA de Goiânia não é autorizado. Então, como reconhecer durante as análises de rotina em um laboratório se plântulas de soja e milho apresentam ou não sintomas de fitotoxicidez? Quando apresentarem, como deverão ser consideradas essas plântulas em cada caso, normais ou anormais?

Partindo do exposto, o objetivo deste trabalho foi efetuar a caracterização morfofisiológica de sementes e plântulas de soja e milho em resposta diferencial à conjugação TSI e glifosato, durante o desempenho fisiológico inicial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A área cultivada de soja no mundo na safra 18/19 foi de 125,691 milhões de hectares com uma produção de 362,075 milhões de toneladas, no Brasil foram 35,822 milhões de hectares com produção de 114,843 milhões de toneladas, o que representa 31,7% da produção mundial do grão (EMBRAPA, 2019).

O primeiro levantamento da safra de grãos 2019/2020 divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), indica que a produção brasileira de milho está estimada em 245,8 milhões de toneladas, um aumento de 1,6%, ou seja, 3,9 milhões de toneladas a mais em relação à safra 2018/2019; um recorde. O estudo aponta ainda que o milho na primeira safra tem produção estimada em 26,3 milhões de toneladas, 2,5% acima à de 2018/19, com um crescimento de 1% na área, totalizando 4,14 milhões hectares (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

De acordo com o anuário “Semente é Tecnologia” (ABRASEM, 2018) a taxa de utilização de sementes (TUS) de soja e milho no Brasil na safra 17/18 foi de 71% e 92%, respectivamente. Sendo que dos principais estados brasileiros destacam-se para soja a Bahia com 80% de TUS e o Distrito Federal para milho com TUS de 96%. Em contrapartida, está o Rio Grande do Sul com os menores percentuais de TUS do país.

A cultura da soja é hoje a mais importante do agronegócio mundial. Somente em 2018, movimentou cerca de 31,7 bilhões de dólares. Os principais países produtores são Estados Unidos e Brasil, seguidos por Argentina, China e Índia. Somente os dois maiores são responsáveis por 231 milhões de toneladas, que equivalem a 66% da produção mundial. Do total produzido de soja, 93% é destinado para o processamento do complexo soja e 7% para outros produtos, dentre elas cosméticos, indústria farmacêutica, adubação, adesivos, revestimentos, tintas e plásticos. O complexo soja é composto por grãos, farelo e óleo de soja, constituindo uma das principais commodities - produtos que funcionam como matéria prima - mundiais. Os grãos podem ser utilizados na alimentação humana, além de ser matéria prima para a produção de farelo e óleo. O farelo é um ingrediente importante para a nutrição animal. Além do uso em rações, também é encontrado em produtos não alimentícios como, por exemplo, cola para madeira. E

o óleo tem grande importância na produção de produtos para cozinha (óleo, margarina e sorvete), medicamentos e biodiesel (INOUE, 2019).

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60% a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano. Apesar de não ter uma participação muito grande no uso de milho em grão, a alimentação humana, com derivados de milho, constitui fator importante de uso desse cereal em regiões de baixa renda. Em algumas situações, o milho constitui a ração diária de alimentação. No Nordeste do Brasil, o milho é a fonte de energia para muitas pessoas que vivem no Semi-Árido; outro exemplo está na população mexicana, que tem no milho o ingrediente básico para sua culinária. Nos últimos 31 anos, a área plantada aumentou em aproximadamente 2,5 milhões de hectares, enquanto a produtividade passou de cerca de 1.600 Kg ha⁻¹ para cerca de 3.950 Kg ha⁻¹ e a produção total aumentou aproximadamente 40 milhões de toneladas. A importância do milho ainda está relacionada ao aspecto social, pois, grande parte dos produtores não é altamente tecnificada e não possui grandes extensões de terras, mas dependem dessa produção para viver. Isto pode ser constatado pela quantidade de produtores que consomem o milho na propriedade (DUARTE et al., 2020).

Segundo dados do IBGE, 59,84% dos estabelecimentos que produzem milho consomem a produção na propriedade. Apesar desse alto percentual de estabelecimentos que consomem o grão internamente, estes representam apenas 24,93% da produção nacional de milho. Pode-se, portanto, afirmar que há uma clara dualidade na produção do cereal no Brasil. Deve-se considerar que hoje uma parcela de pequenos produtores que possuem menor produção comercial, assim como, uma parcela de grandes produtores, que atingem altas produtividades, usando mais terra, mais capital e mais tecnologia na produção de milho.

A importância do milho não está apenas na produção de uma cultura bianual, mas em todo o relacionamento que essa cultura tem na produção agropecuária brasileira, tanto no que diz respeito a fatores econômicos quanto a fatores sociais. Pela sua versatilidade de uso, pelos desdobramentos de produção

animal e pelo aspecto social, o milho é um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil (DUARTE et al., 2019).

De acordo com França Neto (2010) a semente possui atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que lhe conferem o elevado desempenho agrônomo, base fundamental para o sucesso de lavouras bem estabelecidas. Ainda que a campo, um dos primeiros aspectos a se observar é o desempenho da semente durante o processo de germinação e emergência, sementes de alta qualidade resultam em plântulas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem nas diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento das plantas, culminando no fechamento das entrelinhas rapidamente, o que resulta também no controle eficiente das ervas daninhas.

Para Tekrony & Egli (1991), a utilização de sementes de alto vigor se justifica em diversas culturas visando assegurar adequada população de plantas em ampla variedade de condições de campo, assim como, possibilitam produção adequada, o que não ocorre quando a densidade de plantas é menor que a recomendada.

O tratamento de sementes é considerado um dos principais processos que antecedem o plantio e o cultivo das plantas de soja e milho. Atualmente, estima-se que mais de 95% das áreas de soja e milho são cultivadas com sementes tratadas. O processo começou a ser utilizado quando os produtores perceberam que, mesmo em sementes de alta qualidade, eram comuns problemas de emergência e desuniformidade de plantas. À partir disso, foram desenvolvidos produtos que pudessem proteger as fases iniciais da lavoura, tão críticas para uma boa produtividade (AGRO BAYER BRASIL, 2019).

De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, no Brasil, apenas 40% do tratamento de sementes é realizado industrialmente. Mas segundo especialistas, esse número tende a aumentar, principalmente pela praticidade e segurança ao produtor (MENTEM & RAMIRO, 2019). BRACCINI et al. (2015) estudando o uso de diferentes volumes de calda no tratamento de sementes de soja e seu efeito no potencial fisiológico durante o armazenamento concluíram que para um período de armazenamento de até 20 dias, em sementes de alto e médio vigor, é possível utilizar o tratamento completo (fungicida e inseticida) com volume de calda de até 1000 mL 100 Kg⁻¹ de sementes, sem que ocorram danos

fisiológicos à semente de soja. Todavia, o aumento no período de armazenamento das sementes tratadas pode proporcionar decréscimo significativo na germinação e no vigor, especialmente em sementes de médio vigor inicial.

Para Dan et al. (2010) sementes de soja tratadas com quaisquer inseticidas sob efeito do armazenamento, demonstram que a redução da qualidade fisiológica das sementes, condicionada pelos inseticidas, intensifica-se com o prolongamento do período de armazenamento das sementes tratadas, recomendando-se, portanto, que o tratamento inseticida das sementes de soja seja realizado próximo ao momento da semeadura.

Lorenzetti et al. (2014) ao estudarem a influência de inseticidas (Cropstar® (Imidacloprido + Tiodicarbe), Cruiser® 350FS (Thiametoxan), Standak® (Fipronil) e um controle sem tratamento) sobre a germinação e vigor de sementes de milho após armazenamento concluíram que as reduções ocorridas na germinação e no vigor das sementes do milho híbrido CD397YG variam de acordo com o inseticida utilizado e com o tempo em que as sementes tratadas permaneceram armazenadas, pois, enquanto o inseticida Standak não ocasionou redução significativa da germinação durante o armazenamento, o inseticida Cruiser apresentou efeito negativo sobre a germinação e o vigor, sendo esse efeito intensificado com o aumento do período de armazenamento. Por outro lado, nenhum dos inseticidas reduziu significativamente a germinação e o vigor a zero dias de armazenagem, sendo recomendado que o tratamento de sementes seja realizado o mais próximo da semeadura.

2.1 Fitotoxicidez

A fitotoxicidez é definida como a alteração no desenvolvimento de uma plântula ou planta causada por efeito tóxico de certas substâncias que prejudicam o seu desenvolvimento. Segundo Carlos Alberto Mathias Azania, pesquisador do IAC (Instituto Agrônômico), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, é como se fossem efeitos colaterais que os remédios causam no ser humano. O pesquisador do Departamento de Produção Vegetal da Esalq/USP Pedro Jacob Christoffoleti, complementa dizendo que os herbicidas não causam perda de produtividade se utilizados de acordo com as doses estipuladas na bula e ressalta que dois aspectos precisam ser bem observados: primeiro que todo

herbicida recomendado para qualquer cultura tem registro no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), sendo especificada sua recomendação na bula do produto. Assim, para considerar a seletividade de um herbicida, é necessário especificar se as condições de aplicação estão dentro da especificação de bula. E segundo, que todo herbicida que tem registro passou por rigorosos testes pela fabricante e por instituições cadastradas e autônomas, comprovando que nas doses recomendadas não há qualquer efeito negativo na produtividade (CHERUBIN, 2017).

O princípio ativo do glifosato inibe a ação de uma enzima que é primordial para o crescimento das plantas da cultura onde é aplicado. Na especificação geral de herbicidas, o glifosato é classificado como um herbicida sistêmico de ação total, não seletivo, isto é, pode ser aplicado para todos os tipos de plantas invasoras, pré e pós-emergente (KRUSE et al., 2000).

Esse soluto é um vigoroso herbicida que é aplicado como dessecante e pós-emergente, de largo espectro e não seletivo. Seu mecanismo de atuação se dá pela inibição da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), enzima que participa da rota de metabolização do ácido chiquimato, que leva à síntese dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano, desativando essa enzima, não ocorrerá a síntese desses aminoácidos, responsáveis pela síntese de ligninas, flavonoides, taninos e outros compostos fenólicos (GOMES et al., 2017).

O glifosato é um dos herbicidas mais avaliados e estudados mundialmente. Vários trabalhos mencionam impasses de fitotoxicidade, limitação da produtividade, presença de resíduos e outros insumos nas plantas e sementes, ocasionando, muitas vezes, redução no valor comercial e um produto com qualidade inferior (BERVALD et al., 2010).

Feita a aplicação, o glifosato atinge as folhas e o solo. Atingindo o alvo, os sintomas analisados são clorose foliar (amarelamento do limbo foliar), seguido de necrose. Plantas pulverizadas com glifosato morrem de forma lenta, em dias ou semanas, e em consequência ao transporte sistêmico do composto, a planta morre por completo (YAMADA et al., 2007).

A dessecação com glifosato anterior a semeadura, no desenvolvimento da soja resistente ao glifosato, apresentou resultados em que a cultivar se desenvolve melhor quando a dessecação é feita entre 7 e 21 dias antes da semeadura. No

entanto, a dessecação feita no dia da semeadura e 15 dias após a semeadura, em todos tratamentos, demonstrou redução no peso da matéria seca das raízes e dos nódulos (SANTOS et al., 2007).

Amaral (2018) concluiu em sua pesquisa de análise de vigor de sementes de soja submetidas a diferentes concentrações de glifosato que as variedades testadas apresentaram queda no percentual de germinação quando submetidas a diferentes concentrações de glifosato. Viu ainda que todas as cultivares apresentaram influência do produto, em diferentes doses, no desenvolvimento radicular.

2.1.1 Soja

Seletividade é a capacidade de um determinado herbicida eliminar plantas daninhas que se encontram em uma determinada cultura sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto obtido, não podendo a seletividade ser determinada apenas pela verificação ou não de sintomas de fitotoxicidade, pois são conhecidos exemplos de herbicidas que podem reduzir a produtividade das culturas sem produzir efeitos visualmente detectáveis, assim como, existem herbicidas que provocam injúrias bastante acentuadas, mas que permitem a manifestação plena do potencial produtivo da cultura (MADALOSSO et al., 2014).

Os sintomas de fitotoxicidade caracterizam-se por necrose foliar iniciada quatro a seis horas após a aplicação em pós-emergência e sob presença de luz. Os primeiros sintomas têm aparência de embebição de água (manchas verde escuras nas folhas), seguidas por necrose dos tecidos. Essa aparência do tecido encharcado evidencia a ocorrência de dano na membrana celular com perda das substâncias celulares para os espaços intercelulares. Os sintomas de fitotoxidez aparecem nas folhas já desenvolvidas no momento da aplicação, e podem se manifestar na forma de cloroses, bronzeamentos, pontos ou tecidos necróticos, enrugamento dos trifólios ou enrugamento da borda das folhas novas. Estes sintomas tendem a desaparecer com o surgimento das folhas novas, ocorrendo rápida recuperação das plantas (AGUILA et al., 2011).

A fitotoxicidade de alguns triazóis está relacionada à combinação de temperaturas altas, estresse hídrico – ou não – e com a genética da cultivar utilizada. É notório que algumas cultivares possuem maior “sensibilidade” à

aplicação deste grupo químico que fica potencializado por estas condições. Isto pode estar relacionado a fatores como o espessamento de cutícula e a atividade fisiológica da planta para “desintoxicar” seus tecidos, variando a velocidade de absorção de produtos pela folha (MADALOSSO et al., 2014).

Após a absorção do glifosato pelas plantas, este é prontamente translocado, juntamente com fotossintatos, dos pontos de aplicação situados nas folhas até drenos distantes. Em plantas de soja sensíveis, o glifosato atua inibindo a enzima plastídica (EPSPS), responsável pela reação que condensa Chiquimato-3-fosfato (EPSP) e fosfato inorgânico (Pi), na etapa pré-corismato da rota do ácido chiquímico (REIS et al., 2010).

A atividade fisiológica normal de uma planta depende do aporte suficiente de água. A diminuição na oferta da água acarreta maior dispêndio de energia para manter a turgescência ou propiciar o crescimento de novas raízes para aumentar a capacidade de absorção de água. Entre a cutícula e a parede celulósica, existe a pectina, que por sua vez é hidrófila; logo, ela absorve água como uma esponja. Em folhas de plantas sob déficit hídrico, a cutícula é mais espessa, dificultando a penetração de patógenos e de produtos. Dados de pesquisas têm indicado que plantas submetidas a estresse hídrico apresentam maior retenção dos ativos na epiderme ou células da planta. O aumento de retenção dos ativos, aliado a uma maior concentração nas porções superiores do dossel da planta, tende a potencializar a ação fitotóxica do produto aplicado. A água adere às microfibrilas de celulose e a outros componentes hidrofílicos da parede celular. À medida que evapora das células, a água remanescente é sugada para dentro dos interstícios da parede celular. Devido à alta tensão superficial, quanto mais água for removida da parede celular, maior o aumento na pressão negativa da água. Com o aumento na diferença de concentração entre a gotícula pulverizada na superfície e a quantidade de água no interior da folha, é observada uma maior difusão do fungicida para o interior da folha. Este aumento de concentração do fungicida na célula potencializa tanto sua eficácia de controle como o efeito fitotóxico que possa apresentar (MADALOSSO et al., 2014).

2.1.2 Milho

Os efeitos de estímulos de subdosagens de glifosato, ainda não apresentam muita praticidade para desenvolver conhecimentos no que concerne a implementação tecnológica na agropecuária. Porém, tem-se verificado a possível indução de crescimento vegetal com aplicação de subdoses de glifosato em variadas espécies de plantas. Ainda há necessidade de diversos estudos para a obtenção de conhecimentos mais sólidos que venham a trazer praticidade ao uso de subdosagens (NEVES et al., 2009).

Alguns sintomas de fitotoxicidade são mais frequentes em plantas de milho em virtude da aplicação de herbicidas. Para os herbicidas do grupo das sulfonilureias (nicosulfuron, foransulfurom + iodosulfuron methyl) há a paralisação do crescimento das plantas, seguida por clorose com posterior necrose e morte. Já para os herbicidas pertencentes às cloroacetamidas, o efeito fitotóxico pode ser observado depois da emergência das plântulas, caracterizando-se pela não abertura do coleóptilo e pelo enrugamento das folhas definitivas, causado pelo menor crescimento da nervura central em relação ao crescimento do limbo foliar (BAYER BRASIL, 2019).

Os sintomas de intoxicação das plantas através da aplicação de herbicidas do grupo das triquetonas (mesotrione, tembotrione) envolvem o branqueamento das plantas sensíveis com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais de uma a duas semanas. Os sintomas de fitotoxicidade pelos herbicidas do grupo das triazinas são caracterizados por necrose que progride da borda para dentro das folhas. Os herbicidas do grupo das sulfonilureias, como o nicosulfuron e foramsulfuron+iodosulfuron-methyl-sodium, são os que mais comumente apresentam fitointoxicação nas plantas de milho, embora herbicidas de outros grupos químicos também podem tornar-se fitotóxicos dependendo da dose utilizada e principalmente das condições ambientais no momento da aplicação. O modo de ação destes herbicidas consiste na inibição da ação da enzima acetolactato sintetase ALS, consequentemente inibindo a produção de proteínas pela interferência da biossíntese de aminoácidos, como valina, leucina e isoleucina. A absorção do herbicida ocorre rapidamente pelas folhas, sendo distribuído por toda a planta, atingindo as raízes e as regiões meristemáticas. Em relação ao herbicida

glifosato, o milho pode ser semeado no mesmo dia da aplicação sem que ocorra nenhum sintoma de fitointoxicação. Exceções podem ser observadas quando o glifosato for utilizado para dessecação de áreas que apresentem grande quantidade de massa, nesse casos, a fitointoxicação poderá ocorrer quando da passagem das plântulas de milho por essa massa (EMBRAPA, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, um para soja e outro para milho, no Laboratório de Análise de Sementes da Unidade de Beneficiamento de Milho da Corteva Agriscience™, em Itumbiara-GO.

Para isso, foram utilizadas amostras de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) da cultivar P98C81 e de milho (*Zea mays* L.) do híbrido P3898, ambos convencionais, sem resistência ao herbicida glifosato. As sementes apresentaram germinação inicial média de 89% para soja e 98% para milho, conforme teste de germinação (BRASIL, 2009) e umidade inicial média de 11% para soja e 11,8% para milho.

As sementes tratadas foram assim obtidas por tratamento industrial (TIS) e para isso foram usados Clorantraniliprone (Dermacor®) e Clotianidina (Poncho®), ambos inseticidas com ação sistêmica, Fludioxonil+Metalaxil-M (Maxim®) e Carbendazim+Tiram (Derosal®), fungicidas e bacteriostáticos com ação de contato e sistêmica; e, Pirimifós-metílico (Actellic®) e Deltametrina (K-Obiol®), inseticidas com a finalidade principal de controle de pragas de armazenamento, com ação de contato/fumigante e de contato/ingestão, respectivamente.

As sementes tratadas e não tratadas de ambas as espécies foram expostas às soluções de diferentes concentrações de glifosato: sal de potássio (Xequê Mate®), 620,0 g L⁻¹ ou 62,0% m/v, conforme segue: Solução 1 – 0 mL de produto para 1.000 mL de água; Solução 2 – 1,56 mL de produto para 998,44 mL de água; Solução 3 – 3,12 mL de produto para 996,88 mL de água; Solução 4 – 6,25 mL de produto para 993,75 mL de água; Solução 5 – 12,5 mL de produto para 987,5 mL de água; Solução 6 – 25 mL de produto para 975 mL de água; Solução 7 – 35 mL de produto para 965 mL de água. As soluções foram utilizadas para umedecer o papel substrato utilizado na semeadura.

A semeadura foi feita em papel de germinação pardo, da marca Anchor Paper CO., que tem como principal característica não ter passado pelo processo de clareamento o que portanto, o torna menos propenso a causar fitotoxicidade nas plântulas durante o teste de germinação. Os rolos de papel foram umedecidos com as respectivas soluções de glifosato, em três vezes a o peso da massa do papel

seco. Para a avaliação da germinação foram utilizadas quatro repetições de cinquenta sementes cada e os rolos dispostos em câmara de germinação à temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) para ambas as culturas (BRASIL, 2009).

Avaliou-se quantitativamente a germinação pela contagem do número de plântulas normais aos sete dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais. Foram consideradas normais as plântulas com desenvolvimento satisfatório de raízes e parte aérea, potencialmente capazes de progredir para uma planta normal. Ao final do teste, foram mensurados os comprimentos de parte aérea e da raiz primária. O comprimento de parte aérea foi medido do ponto de inserção do mesocótilo até o ápice do coleótilo/plúmula em milho e em soja do hipocótilo até o ápice/ponta das folhas primárias ou curva do epicótilo/cotilédones, os resultados foram expressos em centímetros. As plântulas foram caracterizadas qualitativamente quanto a influência do glifosato, também aos sete dias após a semeadura, pela captura de imagens em resolução de 5,0 MP (4:3), utilizando a câmera versão 2.7.008 (2130300-30) de tablet Nexus 7, versão 6.0.1 MOB30X e modelo K008.

O delineamento experimental adotado para cada espécie foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (semente tratada ou não tratada x 1 cultivar x 7 concentrações x 6 repetições). Os dados quantitativos foram submetidos a análise de variância e quando significativos a 5% de probabilidade foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando houve interação, os resultados foram expressos por meio de ajuste a um modelo polinomial. Informações significativas qualitativas obtidas por meio de imagens foram caracterizadas através da análise de visual de sintomas quanto aos quesitos de natureza do sintoma, presença ou ausência e drasticidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para sementes e plântulas de soja, com tratamento industrial de sementes ou não, sob influência de diferentes concentrações de glifosato, a análise de variância demonstrou interação entre os fatores tratamento e concentrações, para as variáveis germinação e comprimento de parte aérea (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de variância com os quadrados médios da germinação (G), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz primária (CRP) para plântulas de soja sob influência do tratamento de sementes e diferentes concentrações de glifosato. UFPel, 2020.

Fontes de variação	GL	G	CPA	CRP
Tratamento	1	27904,3*	36,66964*	121,2001*
Concentrações	6	8997,3 29*	211,3738*	388,291*
Tratamento x Concentrações	6	1693,575*	9,620198*	9,624841ns
Resíduo	65	33,00751	2,775797	5,295804
CV%	-	16,51	42,21	54,37

*significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade. GL – graus de liberdade, G – germinação, CPA – comprimento de parte aérea, CPR – comprimento de raiz primária, CV – coeficiente de variação.

Ao comparar sementes com ou sem tratamento industrial, observou-se em soja que não houve diferença significativa para germinação de sementes em ambas as condições nas concentrações de glifosato de 25 mL L⁻¹ e 35 mL L⁻¹ (Tabela 2). Contudo, quando analisada a germinação de sementes tratadas sob influência das concentrações de glifosato, observou-se que as concentrações de 25 mL L⁻¹ e 35 mL L⁻¹ resultaram em menores valores médios de germinação. Por outro lado, observou-se que as concentrações 3,12 mL L⁻¹ e 6,25 mL L⁻¹ resultaram em valores de germinação estatisticamente iguais, sendo superiores ao da concentração de 12,5 mL L⁻¹.

Para sementes sem tratamento industrial, o percentual médio de germinação foi superior na concentração 0%, diferindo estatisticamente entre das demais concentrações (Tabela 2). É importante salientar que, sementes tratadas industrialmente apresentaram valores superiores de germinação frente às sementes sem tratamento, contudo quando sob influência do glifosato, o

percentual médio de germinação deteve-se abaixo do mínimo de 80% exigido para a comercialização de lotes de sementes de soja. Na concentração 0 mL L⁻¹ de glifosato, para as sementes tratadas industrialmente, a germinação foi 15% maior demonstrando superioridade na quantidade de plântulas normais comparativamente às sementes não tratadas. A prática do tratamento industrial de sementes as protege desde o contato inicial com o substrato até o início do crescimento das plantas, ou seja, a proteção ocorre antes, durante e depois da germinação. Sendo assim, sementes que poderiam ser ameaçadas por doenças, pragas ou até interferências climáticas, conseguem crescer mais fortes, com germinação mais uniforme e com melhor enraizamento (MENTEN et al., 2019).

A aplicação de agentes químicos oferece maior proteção nos seus estádios iniciais de desenvolvimento. O tratamento feito nas fazendas, em grande parte dos casos, afeta negativamente a qualidade da semente e a sua fisiologia. O tratamento industrial de sementes, por ser mais preciso, pode melhorar o arranque inicial, assim como, promover o melhor enraizamento e a germinação mais uniforme. Segundo Menten et al. (2019), possui baixo custo de investimento e pode ajudar a obter maiores produtividades.

Em laboratório, geralmente, nota-se diferença no percentual final de germinação entre sementes tratadas e não tratadas, sendo que os resultados para sementes tratadas tendem a ser superiores às não tratadas. Para sementes não tratadas é comum a presença de *Phomopsis sojae*, por exemplo, que dificilmente vai se expressar em um teste de germinação em sementes tratadas ou quando o substrato utilizado for areia. Sementes não tratadas semeadas em substrato papel podem até não germinar devido a presença do patógeno.

Observa-se ainda na Tabela 2 que os resultados médios de germinação para sementes tratadas e não tratadas na dosagem 1,56 mL L⁻¹ foram significativamente menores que os valores obtidos para a dosagem 3,12 mL L⁻¹, o que tecnicamente não deveria acontecer, uma vez que a dose 3,12 mL L⁻¹ é maior e deveria ser mais agressiva às sementes e ao desenvolvimento das plântulas que a dose 1,56 mL L⁻¹. No entanto, não foram observadas variações nas condições de condução do teste que justifiquem esses resultados. As sementes utilizadas em todas as repetições foram retiradas da mesma amostra, a cada semeadura as amostras foram homogeneizadas, a fonte de água para a solução e recipientes usados para manipulação foram os mesmos, após cada semeadura tudo foi lavado e

esterilizado para não causar contaminação, a temperatura da câmara de germinação foi constantemente monitorada bem como as condições de pH e fitossanidade da água e papel utilizados.

Tabela 2 – Germinação de sementes de soja, com ou sem tratamento, sob influência de diferentes concentrações de glifosato. UFPel, 2020.

Tratamento	Germinação (%)						
	Concentração (mL L ⁻¹)						
	0	1,56	3,12	6,25	12,5	25	35
Com	96 Aa	41 Da	78 Ba	70 Ba	55 Ca	16 Ea	15 Ea
Sem	81 Ab	5 BCb	14 Bb	6 BCb	4 BCb	4 Bca	2 Ca
CV (%)	16,51						

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao avaliar o desempenho fisiológico inicial de sementes de soja dentro de cada concentração de glifosato, verificou-se por meio da análise dos polinômios ortogonais que o aumento da concentração do herbicida reduziu o percentual final de plântulas normais no teste de germinação quando conduzido sob condições laboratoriais controladas, tanto para sementes tratadas quanto para não tratadas (Figura 1). É importante destacar que sementes de soja convencional, não resistentes ao glifosato, tendem a apresentar sintomas de fitotoxicidez devido a ausência do gene CP4-EPSPS, que é o gene que confere à soja tolerância ao herbicida glifosato. Sendo assim, o herbicida tende a influenciar na retomada do crescimento do embrião e a modificar o padrão de desenvolvimento normal das plântulas, podendo alterar negativamente os parâmetros utilizados para classificar uma plântula como normal.

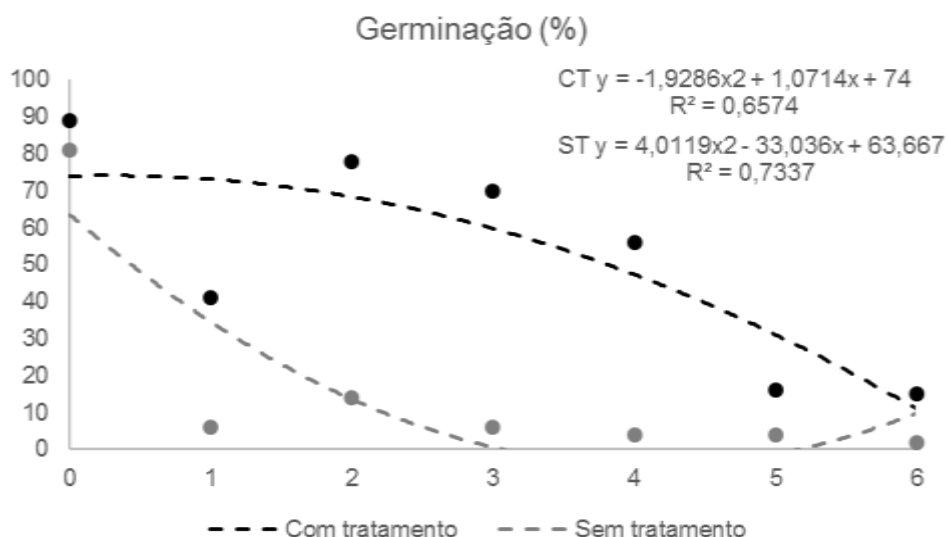


Figura 1 – Germinação de sementes de soja tratadas e não tratadas sob influência de diferentes concentrações de glifosato. UFPel. 2020.

Quanto aos dados de comprimento de parte aérea, é possível verificar que em termos absolutos e de modo geral, plântulas originadas de sementes tratadas sob influência de diferentes concentrações de glifosato apresentaram maior comprimento comparativamente àquelas oriundas de sementes não tratadas (Tabela 3).

Observou-se que o maior valor de comprimento de parte aérea ocorreu em plântulas originadas de sementes tratadas, comparativamente às não tratadas, na concentração de 0 mL L⁻¹, que em termos absolutos, correspondeu a superioridade de 34% no crescimento. As concentrações de 1,56 mL L⁻¹ e 3,12 mL L⁻¹ não diferiram entre si para o comprimento de parte aérea, assim como, nas concentrações superiores a 6,26 mL L⁻¹. Ocorreu redução absoluta no comprimento de parte aérea de plântulas originadas de sementes tratadas, na ordem de aproximadamente 59%, ao comparar a concentração de 1,56 mL L⁻¹ com a de 0 mL L⁻¹.

Em relação ao comprimento de parte aérea de plântulas originadas de sementes não tratadas, observou-se comportamento similar ao verificado quando sementes de soja tratadas industrialmente foram submetidas a concentrações crescentes de glifosato, contudo, quantitativamente os valores observados foram menores. O comprimento de parte aérea de plântulas sob a concentração 0 mL L⁻¹ apresentou superioridade de 47% em relação a concentração de 1,56 mL L⁻¹; superior a 57% quando na concentração de 3,12 mL L⁻¹ e a 96% quando sob

concentração de 12,5 mL L⁻¹. A influência mais drástica do glifosato no comprimento de parte aérea em plântulas originadas de sementes sem tratamento industrial possui relação com a falta dos benefícios trazidos com o tratamento. As sementes não tratadas ficam mais expostas à ação de patógenos e fitotoxicidez durante a condução do teste de germinação, o que pode causar tanto atraso no desenvolvimento das plântulas como anormalidades e, até mesmo, morte das sementes. Foi notada proliferação de fungos nos rolos de germinação de sementes na ausência de tratamento no momento da avaliação do teste, bem como, o maior enrijecimento de raízes e menor comprimento de parte aérea.

Tabela 3 – Comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas de soja, com ou sem tratamento, sob influência diferentes concentrações de glifosato. UFPel, 2020.

Tratamento, sob influência diferentes concentrações de glicosato: 0,1 e 0,2, 2020.							
Comprimento de parte aérea (cm)							
Tratamento	Concentração (mL L ⁻¹)						
	0	1,56	3,12	6,25	12,5	25	35
Com tratamento	15,02 Aa	6,10 Ba	5,07 Bca	2,53 CDa	1,72 Da	0,85 Da	0,97 Da
Sem tratamento	9,87 Ab	5,15 Ba	4,20 BCa	1,40 CDa	0,37 Da	1,23 Da	0,78 Da
CV	42,21						
Comprimento de raiz primária (cm)							
Tratamento	Concentração (mL L ⁻¹)						
	0	1,56	3,12	6,25	12,5	25	35
Com tratamento	20,15 Aa	4,77 Ba	3,55 Ba	2,12 Ba	2,35 Ba	2,78 Ba	2,32 Ba
Sem tratamento	13,87 Ab	2,30 Bb	1,50 Ba	0,25 Ba	0,33 Ba	1,55 Ba	1,42 Ba
CV	54,37						

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o comprimento de raiz primária, observou-se superioridade nas plântulas cujas sementes foram submetidas ao tratamento industrial, assim como, padrão de redução tanto para plântulas originadas destas quanto para àquelas de sementes não tratadas, ao elevar a concentração de glifosato (Tabela 3). Plântulas

originadas de sementes tratadas apresentaram melhor desenvolvimento radicular na concentração de 0 mL L⁻¹ quando comparadas às demais, sendo a superioridade em relação a 1,56 mL L⁻¹, em termos absolutos, de cerca de 76%. Contudo, não houve diferença significativa para este parâmetro de avaliação entre plântulas das demais concentrações.

Para plântulas de sementes não tratadas, resultado superior de comprimento de raiz primária também ocorreu na concentração 0 mL L⁻¹ comparativamente às demais concentrações. Ocorreu diferença absoluta maior e na ordem de 83% ao comparar esta concentração à de 1,56 mL L⁻¹ e superior a 97% para a concentração de 12,5 mL L⁻¹.

Ao avaliar a influência dentro de cada concentração, para plântulas de sementes tratadas e de sementes não tratadas, observou-se tendência a redução do comprimento de parte aérea conforme houve incremento da concentração de glifosato (Figura 2). A redução do comprimento de parte aérea e de raiz primária evidencia efeito negativo do herbicida no desempenho fisiológico inicial de crescimento de plântulas de soja, podendo inclusive, colaborar para a diminuição do número de plântulas normais contabilizadas para a determinação do percentual de sementes germinadas, que considera como um dos quesitos de avaliação, o adequado desenvolvimento e a proporcionalidade de crescimento entre parte aérea e sistema radicular.

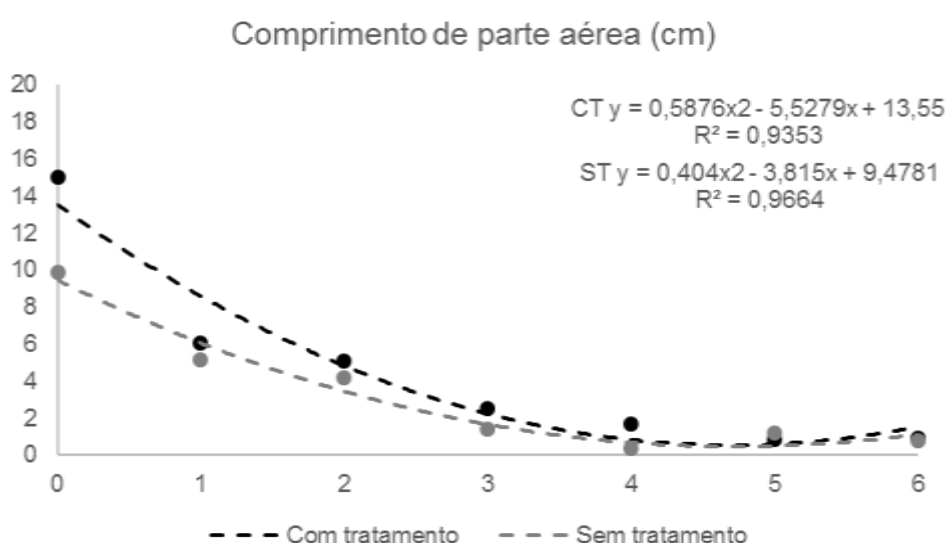


Figura 2 – Comprimento de parte aérea de plântulas de soja originadas de sementes tratadas e não tratadas sob influência de diferentes concentrações de glifosato. UFPel. 2020.

À partir da avaliação qualitativa e visual das plântulas de soja originadas de sementes sem tratamento industrial, verificou-se variação no comprimento das plântulas, assim como, amarelecimento dos cotilédones em 90% das plântulas avaliadas. A Figura 3 demonstra a influência negativa da concentração intermediária utilizada de glifosato, tanto no crescimento em termos de comprimento quanto referente à presença de amarelecimento dos cotilédones.



Fonte: GARCIA, 2020.

Figura 3 – Plântulas de soja originadas de sementes não tratadas sob influência da concentração de $6,25 \text{ mL L}^{-1}$ de glifosato. UFPel, 2020.

Neste sentido, é importante destacar que a influência do produto no desempenho de sementes e plântulas de soja pode ser dependente da concentração utilizada e também da formulação do produto. Reis et al. (2010), ao estudarem os efeitos de fitotoxicidade na soja RR tratada com formulações e dosagens de glifosato concluíram que os sintomas de fitotoxicidez são dependentes da formulação do produto e que o aumento da concentração de determinado produto, resulta na redução do número de folhas.

Observou-se, conforme verificado na Figura 4A, que a maioria das plântulas sob concentração de $1,56 \text{ mL L}^{-1}$ originadas de sementes sem tratamento, foram caracterizadas pela ausência de amarelecimento ou clorose. Sob concentração de $3,12 \text{ mL L}^{-1}$, apesar da não ocorrência de amarelecimento dos cotilédones, constatou-se amarelecimento do hipocótilo e atrofia da raiz primária (Figura 4B).

A ação pronunciada do glifosato em plântulas de soja foi observada em sob influência da concentração $6,25 \text{ mL L}^{-1}$, conforme consta na Figura 4C, a qual demonstra modificação negativa no desenvolvimento do hipocótilo e da raiz primária, havendo ocorrência de amarelecimento/clorose e de fendas relativamente discretas no hipocótilo, conforme indicação na referida figura.

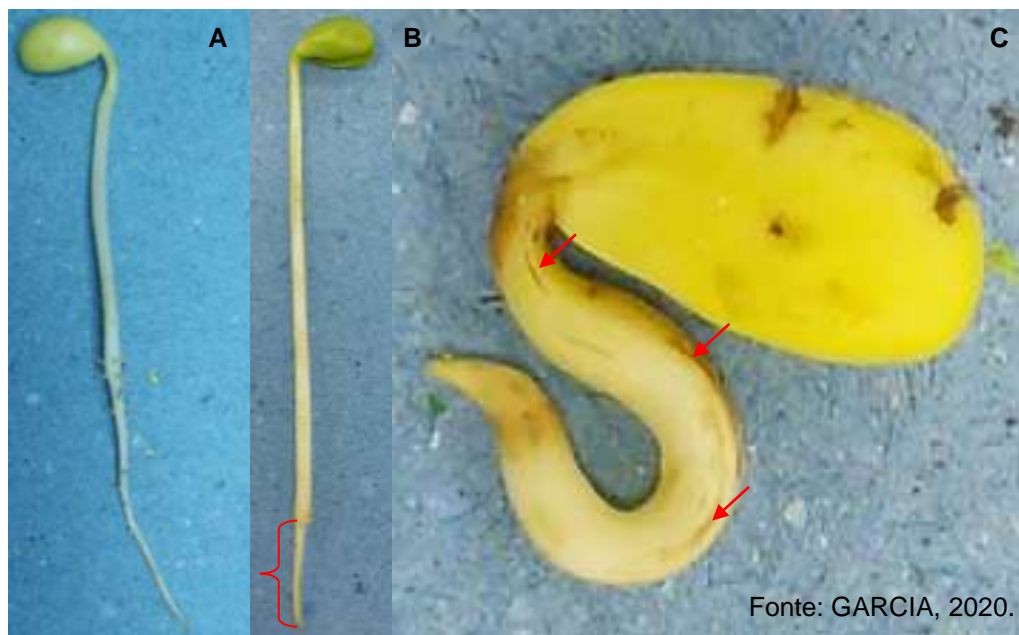


Figura 4 – Plântulas de soja originadas de sementes tratadas (4A e 4B) e não tratadas (4C) sob influência das concentrações de $1,56 \text{ mL L}^{-1}$ (A); $3,12 \text{ mL L}^{-1}$ (B) e $6,25 \text{ mL L}^{-1}$ (C) de glifosato. UFPel, 2020.

A resposta ao produto em termos de crescimento e de desenvolvimento pode ser dependente da cultivar. O glifosato atua inibindo a enzima CP4-EPSPS, a síntese dos aminoácidos fenilalanina, tirosina e triptofano. Após a aplicação desse herbicida, plantas não resistentes podem ter o crescimento paralisado e ainda, ocorrer a presença de clorose, seguida de murcha das folhas (DIAS, 2015).

Para a concentração de $6,25 \text{ mL L}^{-1}$ de glifosato, observou-se que plântulas originadas de sementes não tratadas demonstraram atrofia da raiz primária, amarelecimento, ocorrência de fenda relativamente discreta, pontos escurecidos e de necrose no hipocótilo (Figuras 5A e 5B) e nos coltilédones (Figura 5C).

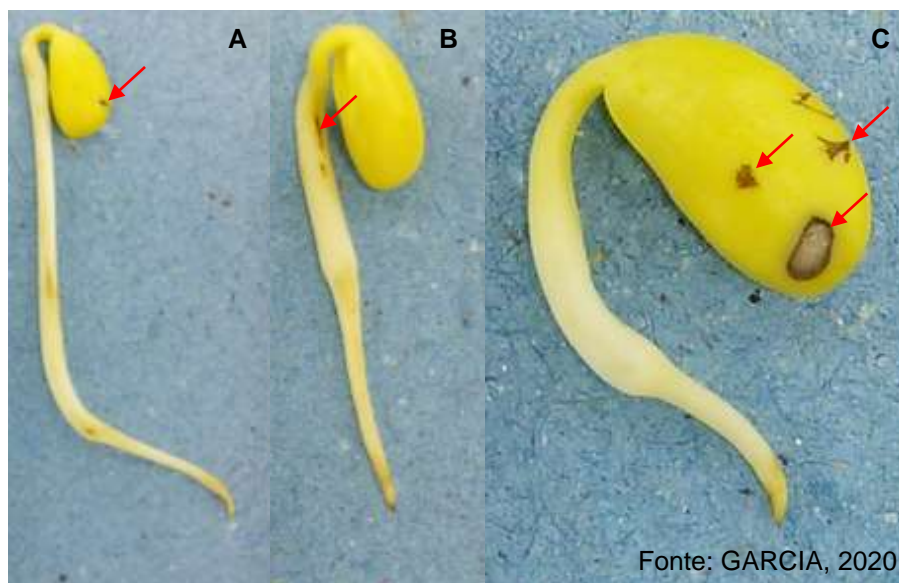


Figura 5 – Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas industrialmente, sob influência da concentração de 6,25 mL L⁻¹ de glifosato. UFPel, 2020.

Na concentração 25 mL L⁻¹ para plântulas originadas de sementes tratadas industrialmente, ocorreu o sintoma primário de fitotoxicidez representado pela atrofia da raiz primária com presença de oxidação na ponta. Conforme Figura 6A, vê-se fenda no hipocótilo e atrofia da raiz com ocorrência de oxidação (Figura 6B). Por outro lado, na concentração 35 mL L⁻¹, ocorreu aumento do grau de encurtamento do hipocótilo (Figura 6C).

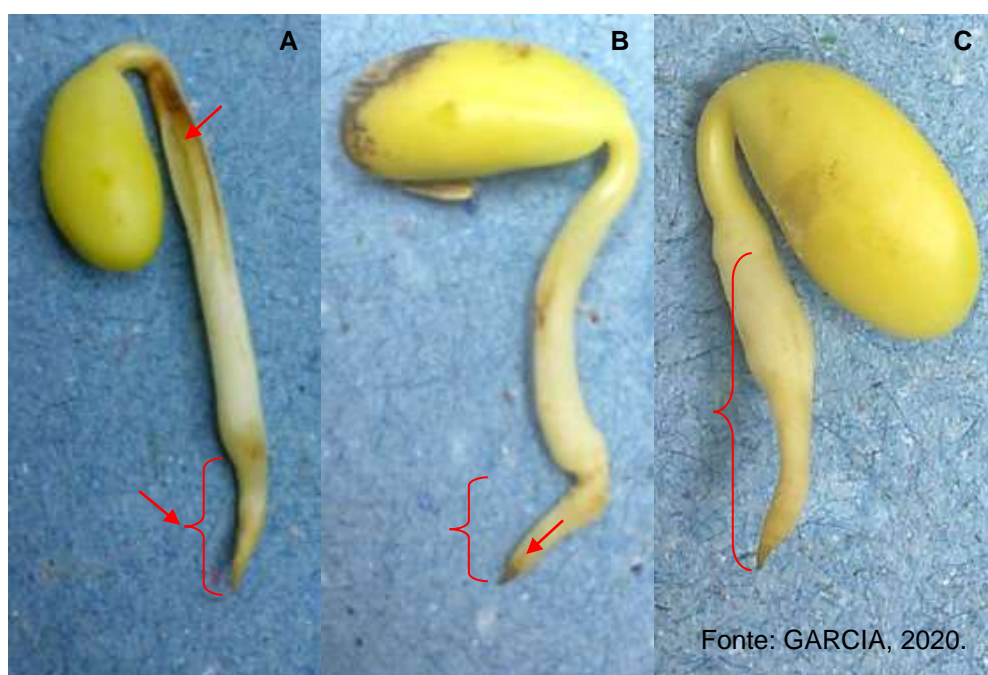


Figura 6 – Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas industrialmente sob influência da concentração de 25 mL L⁻¹ (A e B) e 35 mL L⁻¹ (C) de glifosato. UFPel, 2020.

Em complementação ao observado para a concentração de 35 mL L⁻¹, observou-se conforme Figuras 7A e 7B, a ocorrência de algumas plântulas com sintomas de severa oxidação na ponta da raiz primária e desenvolvimento anômalo de toda sua extensão (Figura 7B).

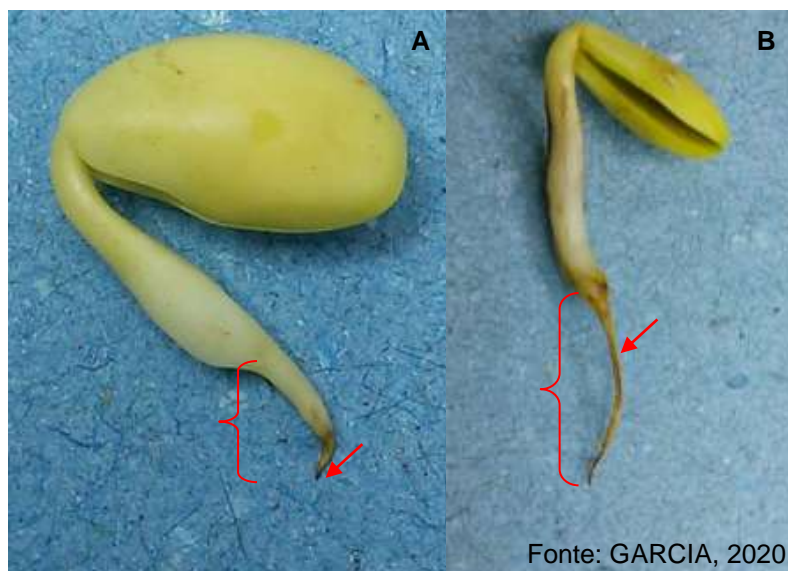


Figura 7 – Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas industrialmente sob influência da concentração de 35 mL L⁻¹ de glifosato. UFPel, 2020.

É importante destacar a ocorrência de enrijecimento da raiz primária em todas as repetições à partir da concentração de 1,56 mL L⁻¹ e acima desta, constituindo-se este sintoma, de característica comum de fitotoxicidez conforme observado visualmente. Nos parâmetros referentes ao crescimento e desenvolvimento inicial das plântulas de feijão, as baixas dosagens (dose dentro de uma dose recomendada) inibiram fortemente a formação de radícula e hipocótilo, já as subdoses (abaixo da menor dose recomendada) de glifosato não apresentaram efeitos fitotóxicos sobre nenhum dos índices analisados (SILVA et al., 2012).

Por fim, é importante considerar que o sintoma de maior nível de ocorrência observado em hipocótilo à partir da concentração de 6,25 mL L⁻¹, tanto para plântulas originadas de sementes tratadas industrialmente quanto daquelas não tratadas, foi a presença de fendas que apresentaram variação desde níveis mais superficiais, como rachaduras, até as mais profundas acompanhadas de necrose (Figuras 8 e 9). As fendas apresentaram variação de 4 à 46 mm de comprimento considerando plântulas originadas de sementes tratadas e não tratadas, sendo que

as de maior profundidade ocorreram nas concentrações de 25 mL L⁻¹ e 35 mL L⁻¹ de sementes não tratadas (Figura 9).



Figura 8 – Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes não tratadas e sob influência das concentrações de 6,25 mL L⁻¹ (A) e 12,5 mL L⁻¹ (B, C, D) de glifosato. UFPel, 2020.

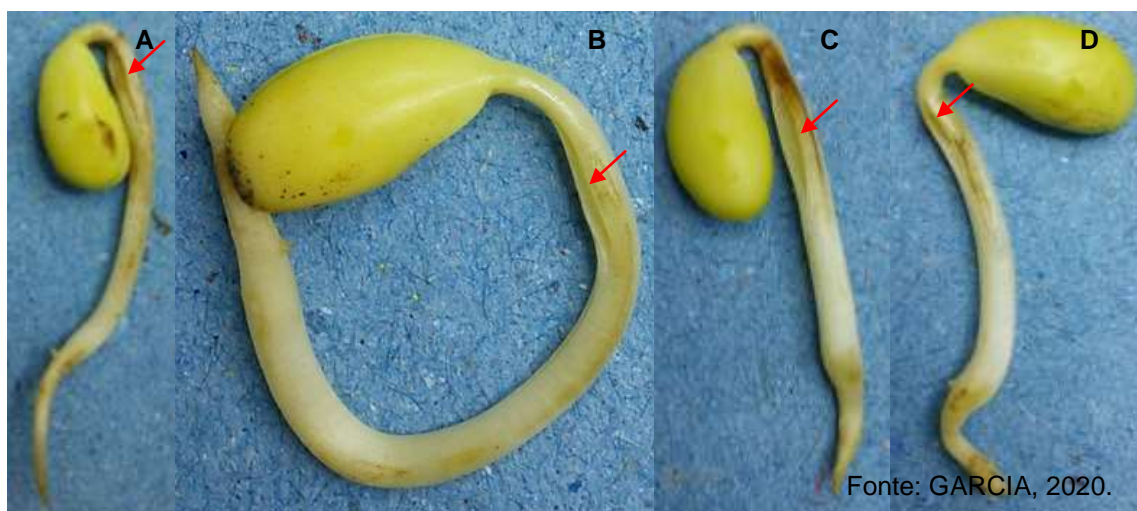


Figura 9 – Desenvolvimento de plântulas de soja originadas de sementes tratadas e sob influência das concentrações de 6,25 mL L⁻¹ (A), 12,5 mL L⁻¹ (B), 25 mL L⁻¹ (C) e 35 mL L⁻¹ (D) de glifosato. UFPel, 2020.

Para sementes e plântulas de milho, com tratamento industrial de sementes ou não, sob influência de diferentes concentrações de glifosato, constatou-se que houve interação para a variável comprimento de raiz primária (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise de variância com os quadrados médios da germinação (G), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz primária (CRP) para plântulas de milho sob influência do tratamento de sementes e diferentes concentrações de glifosato. UFPel, 2020.

Fontes de variação	GL	G	CPA	CRP
Tratamento	1	1,714286ns	0,01440476ns	13,1219*
Concentrações	6	15267,05*	219,4026*	455,6402*
Tratamento x concentrações	6	5,242063ns	0,7713492ns	18,54024*
Resíduo	65	5,922344	2,567577	2,493927
CV%	-	12,05	52,55	41,32

* significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade. GL – graus de liberdade, G – germinação, CPA – comprimento de parte aérea, CRP – comprimento de raiz primária. CV – coeficiente de variação.

Ao avaliar o percentual de germinação, observou-se que não houve diferença significativa para sementes tratadas e não tratadas, independente da concentração de glifosato utilizada (Tabela 5). Contudo, em ambas as condições de tratamento, pode-se observar que as sementes de milho obtiveram padrão de comercialização somente sob concentração de 0 mL L⁻¹ de glifosato. À partir da concentração 1,56 mL L⁻¹ houve drástica redução da germinação indicando baixo índice do número de plântulas normais. A redução constatada para as duas primeiras concentrações foi de 71% e 74% para sementes não tratadas e sementes com tratamento industrial, diferença que acentuou-se com o incremento do herbicida até a concentração 35 mL L⁻¹.

Tabela 5 – Germinação de sementes de milho, com ou sem tratamento, sob influência de diferentes concentrações de glifosato. UFPel, 2020.

Germinação							
Tratamento	Concentração (mL L ⁻¹)						
	0	1,56	3,12	6,25	12,5	25	35
Com	99 Aa	27 Ba	7 Ca	10 Ca	0 Da	0 Da	0 Da
Sem	98 Aa	28 Ba	7 Ca	8 Ca	0 Da	0 Da	0 Da
CV	12,05						

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tanto o comprimento da raiz primária quanto o de parte aérea foram reduzidos pelo aumento da concentração do glifosato, tanto na presença de tratamento industrial de sementes quanto na sua ausência (Tabela 6). Para o comprimento de parte aérea, não foi verificada diferença significativa entre plântulas originadas de sementes tratadas e não tratadas industrialmente, independentemente da concentração.

Ao avaliar as plântulas nas concentrações empregadas, constatou-se que tanto para sementes com tratamento quanto para aquelas não tratadas, houve redução deste atributo de crescimento à partir da concentração de 1,56 mL L⁻¹ que estatisticamente não diferiu das demais concentrações maiores que ela. Contudo, é importante verificar que, em termos absolutos, ocorreu a redução aproximada de 80% ao comparar a concentração 1,56 mL L⁻¹ à concentração de 0 mL L⁻¹ de glifosato, assim como, diminuição de 13%, 23%, 62% e de 75% ao comparar a concentração 1,56 mL L⁻¹ às concentrações 3,12, 6,25, 12,50 e 35 mL L⁻¹ (Tabela 6). A redução do comprimento de parte aérea e de raiz primária, assim como, do seu tamanho em termos de dimensões, colaborou para a redução do número de plântulas normais e para a diminuição do percentual de sementes germinadas de milho.

Tabela 6 – Comprimento médio de parte aérea e raiz primária de plântulas de milho, com ou sem tratamento, sob influência de diferentes concentrações de glifosato. UFPel, 2020.

Comprimento de parte aérea (cm)							
Tratamento	Concentração (mL L ⁻¹)						
	0	1,56	3,12	6,25	12,5	25	35
Com tratamento	12,22 Aa	2,48 Ba	2,15 Ba	1,90 Ba	0,92 Ba	0,97 Ba	0,62 Ba
Sem tratamento	12,95 Aa	3,02 Ba	2,08 Ba	1,15 Ba	0,80 Ba	1,15 Ba	0,28 Ba
CV	52,55						
Comprimento de raiz primária (cm)							
Tratamento	Concentração (mL L ⁻¹)						
	0	1,56	3,12	6,25	12,5	25	35
Com tratamento	20,80 Aa	2,57 Ba	1,28 Ba	2,28 Ba	0,82 Ba	1,17 Ba	0,60 Ba
Sem tratamento	14,48 Ab	3,77 Ba	1,03 BCa	2,22 BCa	0,67 Ca	1,30 BCa	0,52 Ca
CV	41,32						

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o comprimento de raiz primária, somente houve diferença significativa entre plântulas originadas de sementes tratadas e não tratadas industrialmente quando avaliado o desempenho fisiológico das plântulas na concentração de 0 mL L⁻¹, quando as sementes tratadas apresentaram desempenho superior na ordem aproximada de 30% (Tabela 6).

Entretanto, observou-se que o incremento da concentração de glifosato para 1,56 mL L⁻¹, em ambas as condições de tratamento das sementes de milho, ocasionou redução do comprimento de raiz primária atingindo a redução aproximada de 88% e 74%, quando as plântulas foram originadas de sementes tratadas e não tratadas, respectivamente. Quando com tratamento de sementes, a concentração de 1,56 mL L⁻¹ não se diferenciou estatisticamente das concentrações superiores, enquanto, quando sob ausência de tratamento de sementes, a concentração de 1,56 mL L⁻¹ apresentou resultados superiores de comprimento de raiz primária comparativamente às concentrações de 12,5 mL L⁻¹ e 35 mL L⁻¹.

Em termos absolutos, com tratamento de sementes, a concentração de 1,56 mL L⁻¹ resultou na superioridade de crescimento em termos de comprimento na ordem de 50% e de 77% em relação às concentrações 3,12 mL L⁻¹ e 35 mL L⁻¹, contudo, foi inferior em 88% comparativamente à concentração 0 mL L⁻¹. Sob ausência de tratamento de sementes, a superioridade absoluta para comprimento de raiz primária foi de 77% para a concentração 0 mL L⁻¹ de glifosato comparativamente à concentração 1,56 mL L⁻¹.

Sendo assim, ao avaliar a influência do tratamento de sementes dentro de cada concentração, observou-se tendência de redução do comprimento de raiz primária ao incrementar a concentração de glifosato, tendo inicialmente sementes tratadas tendência à resposta superior (Figura 10).

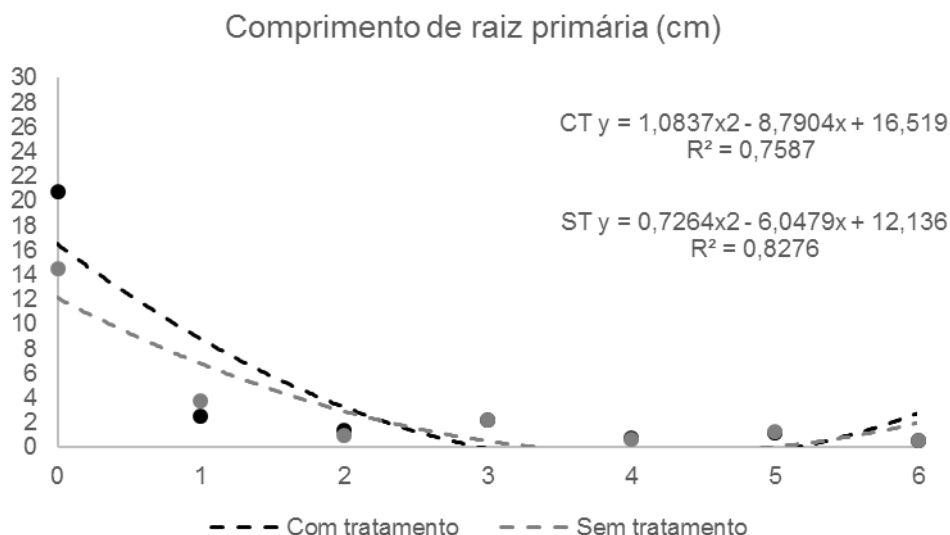


Figura 10 – Comprimento de raiz primária em plântulas de milho originadas de sementes tratadas e não tratadas sob influência de concentrações de glifosato. UFPel. 2020.

Em relação a avaliação visual e qualitativa das plântulas de milho, de modo geral, percebeu-se influência negativa no desenvolvimento com reflexo no crescimento, principalmente em relação a protusão radicular. Assim como em soja, observou-se que plântulas de milho sob influência crescente da concentração do glifosato, tanto quando considerando sementes com tratamento industrial quanto sem tratamento, apresentaram aumento nos sintomas de fitotoxidez em parte aérea e raiz.

À partir da primeira concentração ($1,56 \text{ mL L}^{-1}$) observou-se influência negativa sobre a qualidade visual da raiz primária das plântulas de milho, com verificação de sintomas de fitotoxicidez severos já à partir dela (Figura 11). Nas Figuras 11^a e 11^B é verificada a influência do glifosato na concentração de $1,56 \text{ mL L}^{-1}$ e na Figura 11^C, de $12,5 \text{ mL L}^{-1}$ no desempenho fisiológico e de crescimento de sementes de milho, sob tratamento industrial. Vale ainda ressaltar que nas maiores concentrações testadas, ocorreu protusão radicular de forma bastante reduzida em associação ao enrijecimento desta estrutura.

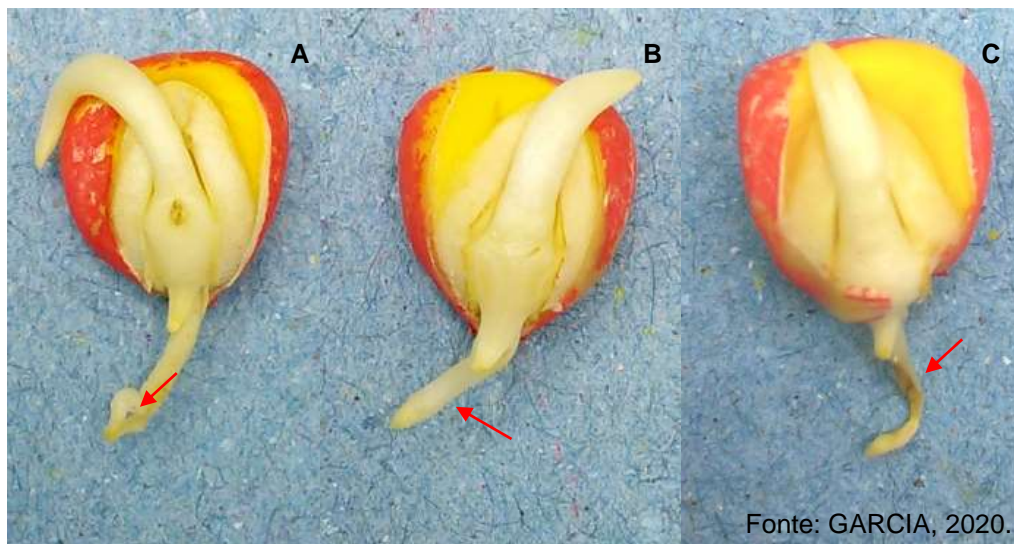


Figura 11 – Desenvolvimento de plântulas de milho originadas de sementes tratadas e sob influência das concentrações de 1,56 mL L⁻¹ (A e B) e 12,5 mL L⁻¹ (C) de glifosato. UFPel, 2020.

Na Figura 12 é verificada ação do glifosato em concentração de 3,12 mL L⁻¹ no desempenho fisiológico e de crescimento de sementes de milho sem tratamento industrial, percebendo-se redução do crescimento em termos de comprimento. Enquanto na Figura 13, destaca-se a influência do glifosato em concentração de 12,5 mL L⁻¹, onde é possível visualizar a drástica redução do crescimento comparativamente à concentração de 3,12 mL L⁻¹ de glifosato (Figura 12).



Figura 12 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência da concentração de 3,12 mL L⁻¹ de glifosato. UFPel, 2020.

A ação do produto e sua toxicidade é dependente, entre outros fatores, da sensibilidade do genótipo, formulação, estágio da aplicação bem como da concentração. Concentrações elevadas tendem a apresentar influência mais

drástica e evidente sobre a germinação e o crescimento inicial das plântulas de cultivos de lavoura, assim, podem afetar negativamente o seu desempenho em campos de produção tanto de grãos quanto de sementes.



Fonte: GARCIA, 2020.

Figura 13 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência da concentração de 12,5 mL L⁻¹ de glifosato. UFPel, 2020.

Na Figura 14, pode ser visualizada de maneira ampliada a influência das concentrações 3,12 mL L⁻¹ e 6,25 mL L⁻¹ de glifosato em sementes sem tratamento. Percebe-se que mesmo na concentração de 3,12 mL L⁻¹ a germinação e o desenvolvimento de plântulas de milho foram limitados e apresentaram anormalidades, colaborando para a a computação do menor número de plântulas normais e portanto, para a diminuição da germinação. Na concentração de 6,25 mL L⁻¹ verificou-se também a completa atrofia da raiz primária (Figura 14C).



Fonte: GARCIA, 2020.

Figura 14 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência das concentrações de 3,12 mL L⁻¹ (A) e 6,25 mL L⁻¹ (B e C) de glifosato. UFPel, 2020.

Nas Figuras 15 e 16, observa-se plântulas resultantes de sementes tratadas industrialmente nas concentrações de $6,25 \text{ mL L}^{-1}$ e $12,5 \text{ mL L}^{-1}$, respectivamente. Em ambas as imagens, foi possível observar plântulas pouco desenvolvidas, com anormalidades e sistema radicular encurtado e de aspecto enrijecido. De forma geral, as plântulas de milho oriundas de sementes tratadas apresentaram superior desenvolvimento quando comparadas às não tratadas.



Fonte: GARCIA, 2020.

Figura 15 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência da concentração de $6,25 \text{ mL L}^{-1}$ de glifosato. UFPel, 2020.



Fonte: GARCIA, 2020.

Figura 16 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência da concentração de $12,5 \text{ mL L}^{-1}$ de glifosato. UFPel, 2020.

A Figura 17 mostra de maneira ampliada, plântulas com tratamento de sementes nas concentrações de $6,25 \text{ mL L}^{-1}$ e $12,5 \text{ mL L}^{-1}$, apresentando discreto desenvolvimento tanto de parte aérea quanto de raízes. Na Figura 17A, observa-se atrofia da raiz primária, emissão de algumas raízes secundárias e estrangulamento entre o mesocótilo e o coleóptilo, sendo considerado desenvolvimento anormal. A Figura 17B mostra raiz enrijecida, apesar de melhor desenvolvida, e parte aérea com fototropismo negativo. Observa-se também leve amarelecimento da plúmula

dentro do coleóptilo. Na Figura 17C, foi possível verificar o pouco desenvolvimento da raiz primária e desenvolvimento atrasado da parte aérea.

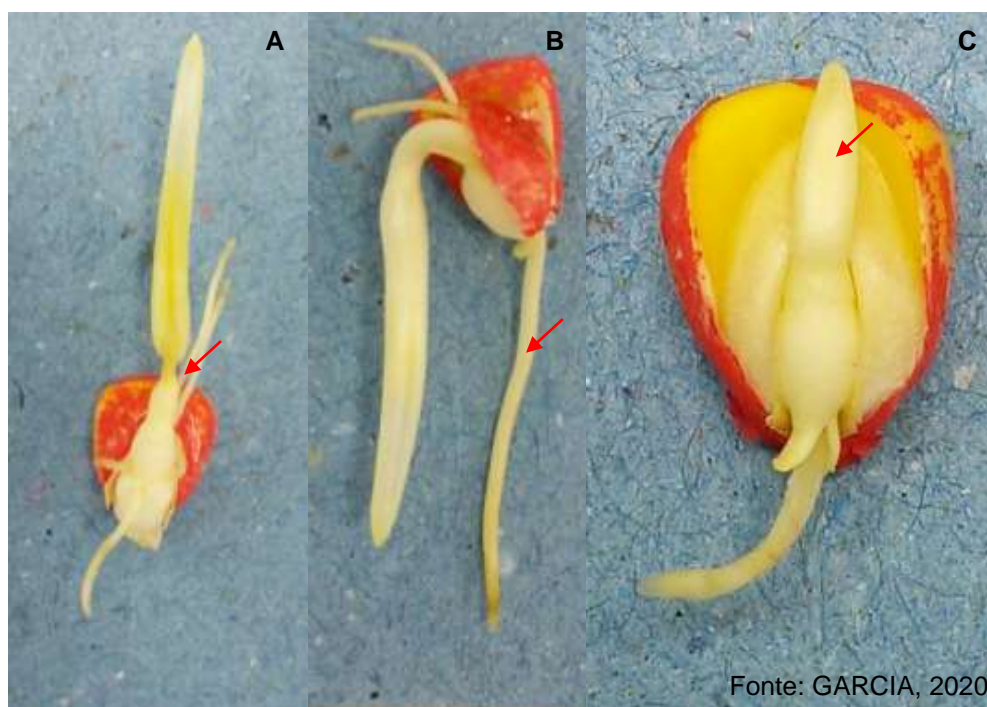


Figura 17 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 6,25 mL L⁻¹ (A e B) e 12,5 mL L⁻¹ (C) de glifosato. UFPel, 2020.

Em sementes sem tratamento industrial e concentrações de glifosato de 12,5 mL L⁻¹, 25 mL L⁻¹ e de 35 mL L⁻¹ verificou-se desenvolvimento anômalo de parte aérea e de raízes (Figura 18). A Figura 18A mostra raiz, apesar de desenvolvida, com aparência de enrijecimento. Na Figura 18B, observou-se a ausência total de raízes, sem nenhum sinal de protusão. Já nas Figuras 18C e 18D observa-se raiz primária encurtada, ausência de raízes secundárias, presença de raízes necrosadas e com sintoma de oxidação (Figura 18D).

Em relação a parte aérea de plântulas de milho, a Figura 19 ilustra plântulas sob concentrações de 6,25 mL L⁻¹, 25 mL L⁻¹ e 35 mL L⁻¹ de glifosato, originadas de sementes sob tratamento industrial, onde verifica-se nas Figuras 19A, 19B e 19C a ocorrência de plântulas com parte aérea (mesocótilo e coleóptilo) encurtada e com ausência de clorofila (plúmula amarelada ou hialina).

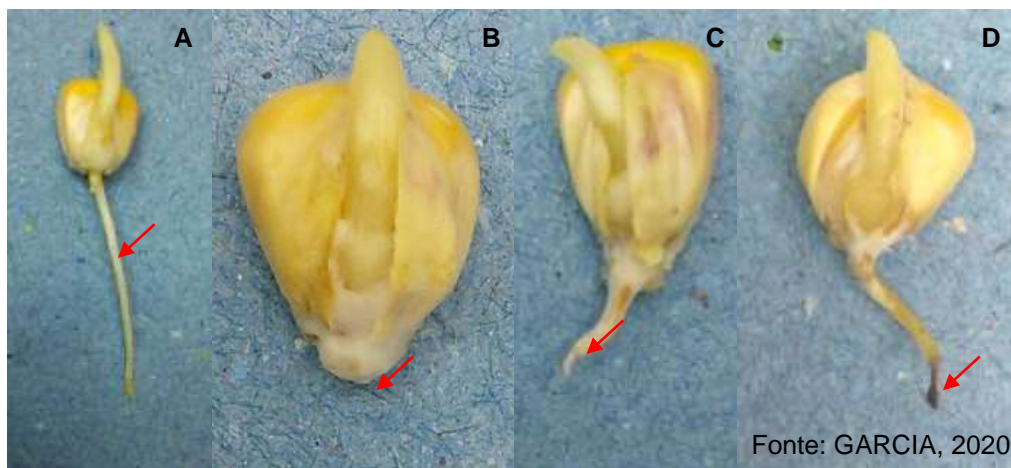


Figura 18 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob ausência de tratamento de sementes e influência das concentrações de 12,5 mL L⁻¹ (A), 25 mL L⁻¹ (B, D) e de 35 mL L⁻¹ (C) de glifosato. UFPel, 2020.

Neste sentido, ao avaliar doses de glifosato em deriva na cultura do milho, Magalhães et al. (2001) observaram que a deriva simulada dos herbicidas em altas concentrações afetou o desenvolvimento das plantas. O grau de toxicidade, avaliado por meio de plantas injuriadas pela deriva, aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas, mostrou que os maiores danos foram observados na maior subdose.

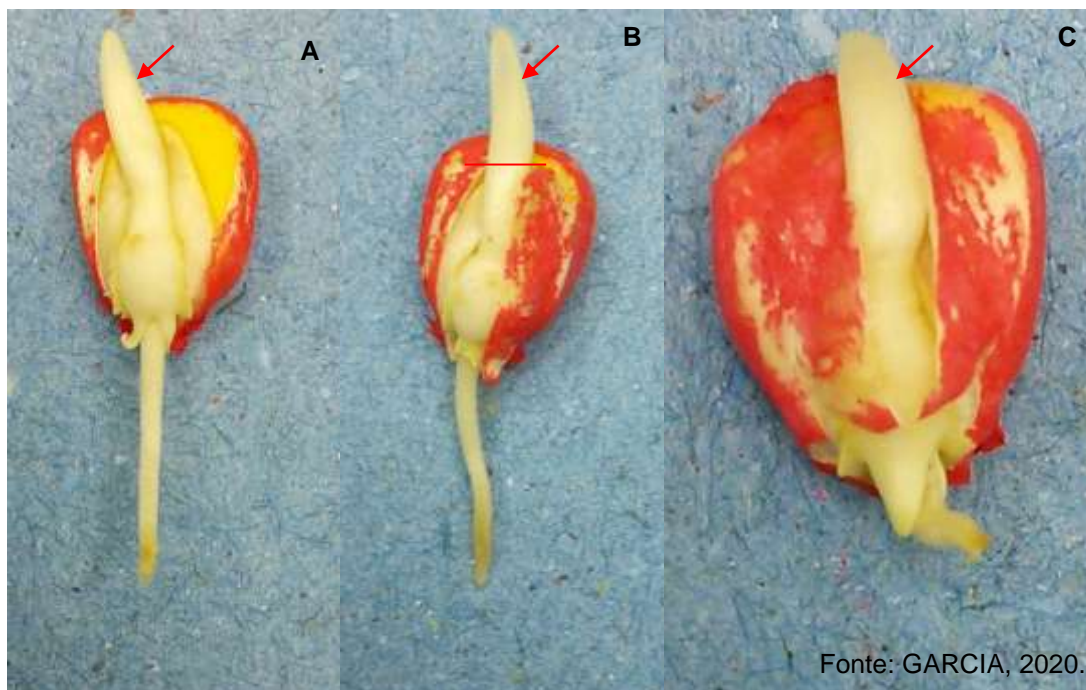


Figura 19 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 6,25 mL L⁻¹ (A), 25 mL L⁻¹ (B) e 35 mL L⁻¹ (C) de glifosato. UFPel, 2020.

Ao avaliarem o efeito residual da aplicação da mistura glifosato e 2,4-D sobre o desenvolvimento de plantas de milho em solos de diferentes texturas, Gomes et al. (2017), verificaram que o resíduo de doses crescentes ocasiona aumento da fitotoxicidade, resultando em plantas de menor tamanho e baixo quantidade de clorofila *a* e clorofila *b*.

Para avaliação visual de mesocótilo, observou-se o drástico encurtamento ou sua ausência já na concentração 3,12 mL L⁻¹ (Figura 20). Por meio da Figura 20A é possível verificar a ocorrência de plântulas com mesocótilo encurtado e conforme a Figura 20B a ausência de mesocótilo.



Fonte: GARCIA, 2020.

Figura 20 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência da concentração de 3,12 mL L⁻¹ de glifosato. UFPel, 2020.

Conforme observado na Figura 21, houve influência do glifosato sobre o coleóptilo e a plúmula, observando-se o encurtamento ou engrossamento, assim como presença de fenda com extensão superior a um terço do comprimento à partir do ápice. Houve ainda ápice danificado e coleóptilo fortemente curvado. A Figura 21A permite visualizar a plúmula emergindo pelo ápice do coleóptilo, porém, com ausência de rompimento normal da referida estrutura. Para as Figuras 21B e 22, foi possível verificar presença do ápice do coleóptilo fendido ou danificado, o

que caracteriza anormalidade da estrutura e adicionalmente, presença de plúmula amarelada ou hialina.

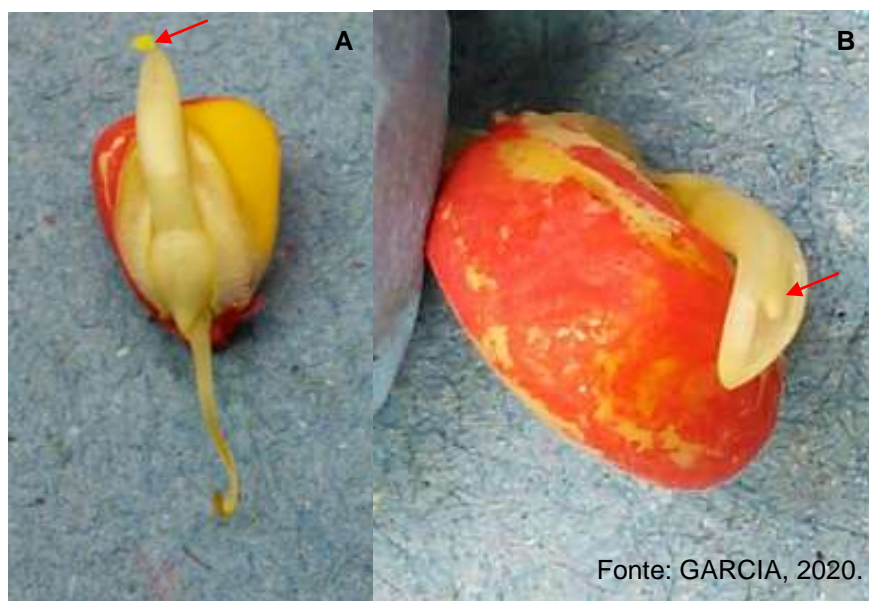


Figura 21 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 25 mL L⁻¹ (A) e 35 mL L⁻¹ (B) de glifosato. UFPel, 2020.

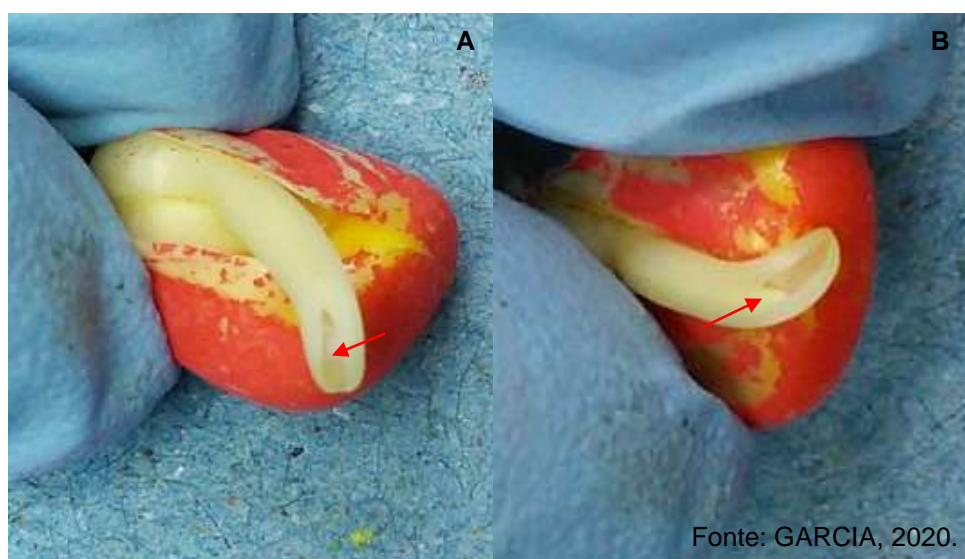


Figura 22 – Desenvolvimento de plântulas de milho sob tratamento de sementes e influência das concentrações de 12,5 mL L⁻¹ (A) e 25 mL L⁻¹ (B) de glifosato. UFPel, 2020.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento de sementes de soja e de milho tem demonstrado eficácia e benefícios de utilização ao longo dos anos, sendo que o tratamento realizado nas indústrias agrega uma série de benefícios quando comparado ao tratamento “*on farm*”.

De maneira geral, sementes de milho apresentam maior porcentagem de tratamento dos lotes comparativamente às sementes de soja. Entretanto, vale destacar a importância do tratamento de sementes também em soja com objetivo de proporcionar maior proteção às sementes e plântulas no início do desenvolvimento.

Sementes de soja convencional tratadas industrialmente apresentam superior germinação e crescimento inicial quando aferido pelo comprimento de parte aérea e raiz primária, em condição controle, sem ação do glifosato. Em condição controle, plântulas de soja originadas de sementes tratadas industrialmente atingem superioridade absoluta de 34% no comprimento de parte aérea e de 15% na germinação comparativamente às plântulas originadas de sementes sem tratamento.

Quando com ou sem tratamento industrial de sementes, o comprimento de raiz primária apresenta redução absoluta de 76% e de 83% ao elevar a concentração de 0 mL L⁻¹ para 1,56 mL L⁻¹ de glifosato, respectivamente.

Alguns sintomas de toxicidez por glifosato verificados em plântulas de soja são observados à partir da concentração de 1,56 mL L⁻¹, tanto para sementes tratadas industrialmente quanto para aquelas em que o tratamento é ausente. Os principais sintomas observados em plântulas de soja sob influência do glifosato foram encurtamento e enrijecimento da raiz primária, fendas no hipocótilo e amarelecimento dos cotilédones.

Para milho convencional, o comprimento de raiz primária apresenta superioridade absoluta de cerca 30% quando as sementes são submetidas ao tratamento industrial e na ausência de glifosato. Entretanto, o incremento da concentração de glifosato para 1,56 mL L⁻¹, tanto para plântulas originadas de sementes tratadas quanto de sementes não tratadas, ocasiona redução do comprimento da raiz primária na ordem de 88% e 74%, respectivamente.

À partir da concentração de 1,56 mL L⁻¹ ocorreram sintomas de fitotoxicidez na raiz de milho, com intensidade mais severa à partir da concentração de 6,25 mL L⁻¹. Os principais sintomas observados em plântulas de milho sob influência do glifosato foram encurtamento e enrijecimento da raiz primária, parte aérea pouco desenvolvida e plúmula amarelada ou hialina.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil deverá ter produção recorde de grãos na safra 2019/2020.** Publicado em 10/10/2019 - 10:24. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-10/primeiro-levantamento-de-safra-20192020-indica-producao-recorde>. Acesso em: 20 de jan. 2020.

Agro Bayer Brasil. **A importância do tratamento de sementes na soja e no milho.** Publicado em 06 de jun. 2019. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/news-bucket/2019/06/06/20/07/tratamento-sementes-soja-milho>. Acesso em: 19 de fev. 2020.

AGUILA, L.S.H., CÂMARA, G.M.S., AGUILA, J.S., JANOSELLI, H.R.D., SABADIN, J.F.G., PIEDADE, S.M.S., SEGATELLI, C.R. Fitotoxicidade Causada a Cultura da Soja pela Aplicação Foliar de Lactofen Com Co E Mo. **Revista de Agricultura**, v.86, n.1, p. 47 - 55, 2011.

AGUILA, L.S.H.; CÂMARA, G.M.S.; AGUILA, J.S.; JANOSELLI, H.R.D.; SABADIN, J.F.G.; PIEDADE, S.M.S.; SEGATELLI, C.R. Fitotoxicidade causada a cultura da soja pela aplicação foliar de lactofen com Co e Mo. **Revista de Agricultura**. v.86, n.1, p. 47 - 55, 2011

AMARAL, L.J.B. **Análise de vigor de sementes de soja submetidas a diferentes concentrações de glifosato.** 2018. 35f. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Anápolis UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia. 2018.

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.

BRACCINI, A.L.; DAN, L.G.M.; PICCININ, G.G.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇANETO, J.B.; HENNING, A.A. **Uso de diferentes volumes de calda no tratamento de sementes de soja e seu efeito no potencial fisiológico durante o armazenamento.** VII Congresso Brasileiro de Soja – Mercosoja, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF, 2009. 395p.

CHERUBIN, N. **A questão da fitotoxidade dos herbicidas**. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/a-questao-da-fitotoxidade-dos-herbicidas/>. Acesso em: 24 de jul. 2020.

DAN, L.G.M.; DAN, H.A.; BARROSO, A.L.L.; BRACCINI, A.L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, nº 2 p. 131-139, 2010.

DIAS, G.L.S. **Sintomas de intoxicação de culturas por herbicidas**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, para obtenção do título de Magister Scientiae. 2015.

DUARTE, J.O.; MATTOSO, M.J.; GARCIA, J.C. **Árvore do conhecimento – Milho: importância socioeconômica**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html. Acesso em: 19 de fev. 2020.

EMBRAPA. **Soja em números** (safra 2018/19). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 20 de jan. 2020.

EMBRAPA. **Plantas Daninhas: perguntas e respostas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-plantas-daninhas/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 09 de jan. 2020.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. **A importância do uso de semente de soja de alta qualidade**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Londrina, Folder nº 01/2010, Março/2010.

GOMES, M.P.; CRUZ, F.V.S.; BICALHO, E.M.; BORGES, F.V.; FONSECA, M.B.; JUNEAU, P.; GARCIA, Q.S.; Effects of glyphosate acid and the glyphosate-commercial formulation (Roundup) on *Dimorphandra wilsonii* seed germination: Interference of seed respiratory metabolism. **Environ. Pollut.**, v. 220, p. 452-459, 2017.

GOMES, S.A.; ARANTES, S.A.C.M.A.; ANDRADE, E.A.; ARANTES, K.R.; VIANA, D.N.; JUNIOR, C.C.P. Residual effect of mixture of glyphosate and 2,4-D in winter maize in different soil textures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.5, p.317-321, 2017.

INOUE, L. **Cultura da soja: sua importância na atualidade**. Publicado em 26/01/2019. Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/cultura-soja-importancia-na-atualidade/>. Acesso em: 19 de fev. 2020.

KRUSE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 139-146, ago. 2000. ISSN 2236-1065.

LORENZETTI, E.R.; RUTZEN, E.R.; NUNES, J.; CREPALLI, M.S.; LIMA, P.H.P.; MALFATO, R. A. OLIVEIRA, W.C. Influência de inseticidas sobre a germinação e vigor de sementes de milho após armazenamento. **Cultivando o Saber**. Volume 7, n.1, p. 14 – 23, 2014.

MADALOSSO, M.G.; BALARDIN, R.; FAVERA, D.D.; MARQUES, L.; DEBORTOLI, M.P. Contra a fitotoxicidade. **Cultivar Grandes Culturas**, 2014. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/contra-a-fitotoxicidade>. Acesso em: 09 jan. 2020.

MAGALHAES, P.C.; SILVA, J.B.; DURAES, F.O.M.; KARAM, D.; RIBEIRO, L.S. efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.2, p.247-253, 2001.

MENTEN, J.O.; RAMIRO, J. **Tratamento de sementes tem custo baixo e garante rendimento da lavoura**. Redação BOAS, janeiro de 2019. Disponível em: <https://boaspraticasagronicas.com.br/boas-praticas/tratamento-de-sementes/>. Acesso em: 19 de fev. 2020 e 15 de mai. 2020 .

NEVES, D.C.; FURLANI JÚNIOR, E.; VALÉRIO FILHO, V.V. **Hormese no crescimento do algodoeiro por subdoses de glifosato**. Congresso Brasileiro do algodão. Anais.2009.

PESSOA, A.C.S.; LUCHESE, E.B.; LUCHESE, A.V. Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 24, núm. 4, 2000, pp. 939-945. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2000.

PORTAL SYNGENTA. **4 motivos para escolher o tratamento de sementes industrial ao invés do tratamento na fazenda**. 13 de julho de 2018. Disponível em: <https://portalsyngenta.com.br/noticias-do-campo/quatro-motivos-para-escolher-o-tratamento-de-sementes-industrial-ao-inv%C3%A9s-do-tratamento-na-fazenda>. Acesso em: 15 de mai. 2020.

REIS, T.C., NEVES, A.F., ANDRADE, A.P., SANTOS, T.S. Efeitos de fitotoxicidade na soja RR tratada com formulações e dosagens de Glifosato. **Revista de biologia e ciências da terra**. Volume 10 - Número 1 - 1º Semestre 2010, 2010.

REIS, T.C.; NEVES, A.F.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, T.S. Efeitos de fitotoxicidade na soja RR tratada com formulações e dosagens de Glifosato. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 10, núm. 1, 2010, pp. 34-43. Universidade Estadual da Paraíba, 2010.

REIS, T.C.; NEVES, A.F.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, T.S. Efeitos de fitotoxicidade do herbicida 2,4-D no milho em aplicações pré e pós-emergência. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, vol. 10, núm. 1, 2010, pp. 25-33. Universidade Estadual da Paraíba, 2010.

ROMANO JUNIOR, J. Germinação de sementes de soja RR sob efeito do glifosato. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, para a obtenção do título de Mestre Profissional. 2016.

SALGADO, F.H.; XIMENES, P.A. Germinação de sementes de milho tratadas com inseticidas. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 4, N.1: pp. 49-54, Feb. 2013.

SANTOS, J.B.; SANTOS, E.A.; FIALHO, C.M.T.; SILVA, A.A.; FREITAS, M.A.M. Época de dessecação anterior à semeadura sobre o desenvolvimento da soja resistente ao glifosato. **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.86-875. 2007.

SILVA, R.G.P.O.; SILVA, J.E.N.; FILHO, A.L.M.; SILVA, C.F.C.; BEZERRA, J.L.S. Efeito de subdoses de glifosato sobre germinação e desenvolvimento inicial do feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p.476, 2012.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. **Relationship of seed vigor to crop yield: A review**. Crop Science, v.31, p.816-822, 1991.

VELINE, E.D.; FREDERICO, L.A.; MORELLI, J.L.; MARUBAYASHI, O.M. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência inicial, sobre o crescimento e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* cv. SP 71-1406). **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.10, p.13-16, 1992.

YAMADA, T.; CAMARGO E CASTRO, P.R. Efeito do glifosato nas plantas: Implicações fisiológicas e agronômicas. Encarte do Informações Agronômicas N°119. **International Plant Nutrition Institute**. 2007. p.32.