

Qualidade fisiológica de sementes de trigo produzidas com doses via foliar de silício e armazenadas em diferentes ambientes

Rodrygo Denner Bressan^{1*}; Nayara Parisoto Boiago¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}rodrygo.denner@hotmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do silício aplicado via foliar bem como verificar o efeito do armazenamento em diferentes condições de temperatura na qualidade fisiológica das sementes de trigo. O cultivo a campo foi em delineamento de blocos casualizado (DBC). Já o delineamento em laboratório foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x2, sendo as cinco diferentes doses (testemunha, 300 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹, 600 g ha⁻¹ e 700 g ha⁻¹ de adubo foliar a base de silício), e duas condições de armazenamento (temperatura ambiente e ambiente controlado), com três repetições, totalizando trinta unidades experimentais. A determinação dos parâmetros foi após a colheita e após 6 meses de armazenamento e baseada pelo teste de germinação e envelhecimento acelerado onde foram avaliados número de plântulas normais, anormais e mortas, e desenvolvimento, onde foram avaliados comprimento médio de parte aérea, comprimento médio de raiz e a massa seca das plântulas. Conclui-se que a aplicação foliar de silício na produção de sementes influencia o vigor de plântulas de trigo no início do seu desenvolvimento até 500 g ha⁻¹ do adubo estudado no presente trabalho. As sementes de trigo mantiveram o vigor, mesmo armazenadas por 6 meses em temperatura ambiente e controlada. Doses acima de 600 g ha⁻¹ tem tendência fitotóxica na qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Palavras-chave: Adubação foliar; pós-colheita; sementes viáveis.

Physiological quality of wheat seeds produced with doses via foliar silicon and stored in different environments

Abstract: The objective of this work was to evaluate the effect of silicon applied via the leaves, as well as to verify the effect of storage under different temperature conditions on the physiological quality of wheat seeds. Field cultivation was carried out in a randomized block design (DBC). The laboratory design was completely randomized (DIC), in a 5x2 factorial scheme, with five different doses (control, 300 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹, 600 g ha⁻¹ and 700 g ha⁻¹ of silicon-based foliar fertilizer), and two storage conditions (room temperature and controlled environment), with three replications, totaling thirty experimental units. The determination of parameters was after harvest and after 6 months of storage and based on the germination and accelerated aging test, where the number of normal, abnormal and dead seedlings, and development were evaluated, where average shoot length, average length of plantlets were evaluated. root and seedling dry mass. It is concluded that the foliar application of silicon on seed production influences the vigor of wheat seedlings at the beginning of their development up to 500 g ha⁻¹ of the fertilizer studied in the present work. Wheat seeds maintained vigor, even stored for 6 months at room and controlled temperature. Doses above 600 g ha⁻¹ have a phytotoxic tendency in the physiological quality of the produced seeds.

Keywords: Foliar fertilization; post-harvest; viable seeds.

Introdução

O trigo destaca-se por ser um dos cereais mais importantes produzidos no mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2019), ele é o segundo cereal mais cultivado no mundo, ficando atrás apenas do milho. Apresenta uma vasta cadeia de aplicação servindo de matéria prima para a produção de diversos alimentos que consumimos diariamente, além de ser um alimento essencial para obter uma alimentação saudável e equilibrada.

No Brasil, a área cultivada de trigo supera os 2 milhões de hectares (IBGE, 2021), sendo a região sul, principalmente no Paraná e no Rio Grande do Sul, onde se concentra a maior área semeada ultrapassando 1,8 milhão de hectares e representando cerca de 86% da produção nacional (COÊLHO, 2021). Segundo dados da Abitrigo (2021), cada brasileiro consome em média 40,62 kg de trigo por ano.

Os estresses ocasionados tanto por fatores abióticos como os efeitos tóxicos do alumínio, estresses hídricos, o frio, a salinidade dos solos, quanto por fatores bióticos como, por exemplo, pragas e doenças, podem acabar afetando o desenvolvimento das plantas e dessa forma interferindo no rendimento das culturas de forma significativa, inviabilizando o alcance de altas produtividades e até mesmo podendo ocasionar perdas na produção (MARTIN *et al.*, 2020).

A nutrição vegetal das plantas pode contribuir de forma efetiva no controle das perdas e isso se dá através da resistência natural que o balanço nutricional tende a manifestar nas plantas contra o ataque de doenças e pragas, reduzindo assim alguns danos que podem acarretar na redução de produtividade (KUHNEM *et al.*, 2020).

O silício é considerado um nutriente benéfico para as plantas por não atender a todos os critérios de essencialidade dos nutrientes (MARTIN *et al.*, 2020). É um dos nutrientes mais presentes na grande maioria dos solos, porém, sua baixa solubilidade acaba interferindo na disponibilização desse nutriente para as plantas (JANZEN, 2019).

Quando absorvido pela planta, o silício pode proporcionar diversos benefícios (MENEGALE, CASTRO e MANCUSO, 2015). Ao ser depositado nas células das folhas ele promove benefícios em relação ao posicionamento das folhas para obter uma maior recepção da luz solar, aumentando dessa forma a produtividade da cultura bem como melhorando a sua capacidade fotossintética (CAMARGO, 2016). Ainda, fortalece a estrutura do caule promovendo uma maior severidade e, desta forma, passa a prevenir o tombamento da planta (REIS *et al.*, 2007).

Alguns dos principais fatores que podem influenciar na composição química das sementes são os fatores ambientais, genéticos e também a disponibilidade adequada dos nutrientes durante a sua produção, a privação de tais fatores pode acabar afetando o metabolismo e vigor das sementes (VEIGA, 2010).

O silício pode trazer diversos benefícios para a planta, porém outro fator que influencia diretamente a qualidade das sementes é o produto na pós colheita, por este motivo vem aumentando a preocupação com a realização de práticas adequadas durante o processo de armazenagem dos mesmos visando por meio disto prolongar a qualidade dos produtos bem como evitar maiores prejuízos (TIBOLA *et al.*, 2020).

Segundo Aguiar *et al.* (2012), um dos principais fatores que interferem na qualidade do armazenamento de grãos é a temperatura e a umidade relativa do ar, sendo que temperaturas muito elevadas tendem a elevar a taxa de respiração das sementes afetando assim o seu poder de germinação. Por outro lado, as baixas temperaturas reduzem as taxas de reações metabólicas das sementes, auxiliando na conservação e, também, permitindo uma melhor manutenção das propriedades iniciais dessas sementes por um período mais elevado (PARAGINSKI *et al.*, 2015).

Segundo BRAGA *et al.* (2021), o ambiente de armazenamento é um dos fatores que apresenta alta influência quando se trata de qualidade fisiológica das sementes. Sabendo que a semente se trata de um material vivo e que a mesma tende a reduzir sua qualidade com o passar dos tempos em que fica armazenada, é possível alegar que mesmo em pequenos espaços de tempo, acontece o decréscimo da germinação e também do vigor dessas sementes.

O armazenamento é um fator essencial na manutenção da qualidade fisiológica das sementes, quando não respeitadas as condições adequadas na armazenagem pode resultar na deterioração de forma progressiva nas sementes tornando-as inviáveis, reduzindo seu vigor, potencial de germinação e tornando-as mais suscetíveis às adversidades (EICHELBERGER, 2011). Já, segundo Rocha *et al.* (2017), é possível observar uma diminuição nas perdas de vigor das sementes quando as mesmas são armazenadas em locais com temperatura e umidade relativa controladas.

Com base nos fatores apontados, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do silício aplicado via foliar bem como verificar o efeito do armazenamento em diferentes condições de temperatura na qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Material e Métodos

A parte inicial do experimento de cultivo do trigo foi realizada a campo entre os meses de junho à setembro de 2020, na Fazenda Escola (CEDETEC) do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, localizado no município de Cascavel no estado do Paraná sob as coordenadas de latitude 24°56'20.68" S e longitude 53°30'43.25" O, com altitude de 781 metros. Segundo Embrapa (2013), o solo do local é classificado como latossolo vermelho distroférrico. Segundo Aparecido *et al.* (2016), de acordo com a classificação Koppen-Geiger, o clima da região é classificado como Cfa – Clima subtropical úmido.

Os grãos colhidos nessa fase experimental serão utilizados e armazenados para a realização do experimento em laboratório que será conduzido no Laboratório de Análises de Sementes, também do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, o local está a uma altitude de 716 metros, sob as coordenadas de latitude 24°56'47.48" S e longitude 53°30'30.94" O. O estudo laboratorial será conduzido entre os meses de outubro de 2020 a abril de 2021.

O delineamento experimental utilizado à campo foi em blocos casualizado (DBC) testando as doses de adubo foliar a base de silício (testemunha sem tratamento, 300 g ha⁻¹, 500 g ha⁻¹, 600 g ha⁻¹ e 700 g ha⁻¹ de adubo foliar), sendo cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. Sendo a dose de 300 g ha⁻¹ a recomendada pelo fabricante para a utilização do produto comercialmente.

O plantio foi realizado utilizando o material TBIO TORUK com um espaçamento de 0,17 m, densidade de 300 plantas por m² e utilizando uma adubação com a seguinte formulação NPK: 12-15-15 sendo utilizado 290 kg ha⁻¹. Cada unidade experimental à campo foi composta por oito linhas possuindo cinco metros de comprimento e com espaçamento de 0,17 m, totalizando 6,8 m². Já os corredores entre estas parcelas ficaram de 1 m, totalizando desta forma 402 m² de área total. As seis linhas centrais foram colhidas e as linhas laterais foram desprezadas evitando assim o efeito bordadura, ficando com 1,02 m² de área útil.

O produto aplicado como adubo foliar é composto pela seguinte formulação organomineral: Silício 65,46%, Ferro 13,48%, Cálcio 10,79%, Magnésio 6,7%, Manganês 6,0%, Molibdênio 1,90%, Potássio 3,37%, Fósforo 3,0%, Boro 2,41%, Cobre 0,15%, Zinco 0,10% e Bário 0,48%, possuindo tanto macro quanto micronutrientes, porém, tendo o silício como sua base principal. A aplicação do fertilizante foi

desempenhada com a utilização de um pulverizador costal sendo realizada com sete dias após a emergência.

A colheita foi realizada 115 dias após a emergência das plantas e, para isso, foi utilizado uma colhedora de parcelas experimentais, após a colheita os grãos foram beneficiados, limpos e levados para o laboratório.

O delineamento utilizado em laboratório foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 5x2, sendo as cinco diferentes doses de aplicação e duas condições de armazenamento (temperatura ambiente e ambiente controlado), com três repetições, totalizando trinta unidades experimentais.

Uma amostra de cada tratamento do campo foi separada e dividida para dois ambientes de armazenamento. O processo de armazenamento foi realizado em duas condições, uma delas em um barracão à temperatura ambiente e sujeito às variações de clima e umidade relativa do ar, enquanto a outra metade foi armazenada em uma câmara fria com ambiente controlado a uma temperatura de 10 °C e umidade relativa do ar de 70%, localizada no CEDETEC de Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.

Os parâmetros foram avaliados antes e após seis meses de armazenamento. Para o teste de germinação, foi avaliado o número de plântulas normais, anormais e mortas, o mesmo foi realizado para o teste de envelhecimento acelerado. Para o desenvolvimento foi avaliado o comprimento médio de parte aérea, comprimento médio de raiz e a massa seca das plântulas.

Para a execução do teste de germinação as sementes foram dispostas com o auxílio de um tabuleiro sob dois substratos de papel filtro (Germiteste®) os quais foram previamente umedecidos com água, utilizando aproximadamente 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009). Em seguida foram depositadas cinquenta sementes por repetição e após a deposição das sementes foi coberto por mais uma folha de substrato de papel e enroladas, e posteriormente levadas até o germinador e permaneceram por cinco dias sob uma temperatura de 25 °C. Após esse período, o número de plântulas normais, anormais e mortas foi contabilizado.

Para a realização do envelhecimento acelerado caixas Gerbox foram utilizadas, as quais contém uma tela de alumínio que fica suspensa em seu interior, 40 mL de água foram colocados em cada uma das caixas para que fosse possível manter a umidade em seu interior. Já sob a tela foi realizada a distribuição das sementes de forma que cobrissem toda a tela, mas que não ficassem sementes sobrepostas umas sobre as outras. Feito isso, as caixas foram armazenadas em uma câmara B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*)

onde permaneceram a uma temperatura de 41 °C durante um período de 48 horas. Após retiradas da B.O.D, foi conduzido o mesmo processo utilizado para a realização do teste de germinação descrito acima.

O desenvolvimento da planta foi avaliado através da deposição de dez sementes sob o terço superior de dois papéis filtro (Germiteste®) já umedecidos com 2,5 vezes o peso do papel seco e em seguida cobertos com um papel filtro e enrolados. Feito isso, os rolos foram levados a uma BOD e colocados de maneira inclinados a 45° sob ausência de luz a uma temperatura de 25 °C durante um período de cinco dias. Após isso foram avaliados o comprimento médio de parte aérea e o comprimento médio de raiz, para isso foram coletadas cinco plântulas por repetição e realizada a medição da parte aérea e da raiz com o auxílio de uma régua.

Em seguida, as plântulas coletadas foram armazenadas em embalagens de papel devidamente identificadas e pesadas com a utilização de uma balança de precisão com quatro casas decimais e, após isso, foram colocadas em uma estufa termoeletrica regulada a 65 °C, onde permaneceram por 24 horas. Passado este período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas para resfriar em um dessecador por um período de quinze minutos, pesado novamente e, então, foi possível determinar a massa seca das plântulas.

Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise descritiva e ao teste de normalidade Anderson-Darling e, seguidamente, submetidos à análise de variância (ANOVA). Sendo observada alguma influência significativa através da ANOVA, os tratamentos foram comparados pelo teste Tukey e a tendência dos dados por regressão. As análises serão realizadas atendendo aos 5% de significância com a utilização dos programas Minitab (MINITAB, 2016) e Sisvar (FERREIRA, 2019).

Resultados e Discussão

Qualidade fisiológica de trigo logo após a colheita

Os dados apresentados na Tabela 1 dizem respeito ao resumo da análise de variância para os parâmetros de qualidade fisiológica de sementes de trigo produzidas por plantas que receberam diferentes doses de silício. Os coeficientes de variação (C.V. %) apresentam valores abaixo de 10% de variação, os quais segundo Pimentel (1985), podem ser considerados baixos, representando dessa forma uma boa qualidade de dados.

Já em relação a Anderson-Darling, os grupos de dados referentes a germinação (%Germ), envelhecimento acelerado (%Env) e comprimento de raízes (CR) não

possuíram normalidade, havendo a necessidade de realizar a transformação dos valores pela transformação de Johnson.

Tabela 1 - Resumo da análise descritiva e análise de variância para os parâmetros de germinação (%Germ), envelhecimento acelerado (%Env), comprimento de raiz (CMR), comprimento médio da parte aérea (CMPA) e biomassa seca das plântulas (Biomassa) de trigo perante aplicação de doses foliares de silício na produção da semente.

Tratamento	%Germ	%Env	CR	CMPA	Biomassa
Média	95,67	94,50	10,85	4,16	0,137
C.V. (%)	2,40	3,03	5,11	6,64	5,70
Anderson-Darling	0,020*	0,020*	0,040*	0,920 ^{ns}	0,520 ^{ns}
p-valor da ANOVA	0,272 ^{ns}	0,151 ^{ns}	0,001*	0,001*	0,912 ^{ns}

C.V. = coeficiente de variação; ns = não significativo; * = significativo pelo teste F ($p \geq 0,05$).

Em relação a ANOVA, observa-se que para os parâmetros de comprimento de raiz e comprimento médio de parte aérea houve diferença entre as doses de silício estudadas e para a biomassa de plântulas de trigo.

Portanto, na Tabela 2 estão representadas as médias dos parâmetros que houveram diferença significativa em seus respectivos fatores. A Tabela 2 apresenta as médias de comprimento de raiz (CR) e do comprimento médio de parte aérea (CMPA) em relação as diferentes doses de adubo foliar a base de silício que foram utilizadas no experimento.

Tabela 2 - Médias de comprimento de raiz (CR) e comprimento médio de parte aérea (CMPA) de plântulas de trigo em relação as diferentes doses foliares de silício aplicadas na produção da semente.

Doses	CR	CMPA
Testemunha	10,69 bc	4,21 abc
300 g ha ⁻¹	11,03 ab	4,43 a
500 g ha ⁻¹	11,45 a	4,27 ab
600 g ha ⁻¹	10,81 abc	4,04 bc
700 g ha ⁻¹	10,28 c	3,88 c

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A utilização da dosagem de 500 g ha⁻¹ de silício nas plantas de trigo para produção de sementes foi a que melhor apresentou resultados em relação ao comprimento das raízes (CR) pois é a única dosagem que difere da testemunha. O melhor desempenho fisiológico de comprimento da parte aérea das plântulas foi obtido utilizando a dose de 300 g ha⁻¹.

Segundo Figueiredo *et al.* (2007), o silício tem a capacidade de se acumular nas paredes celulares das plantas, evitando dessa forma que ocorra perda d'água, auxiliando na melhoria em relação ao desenvolvimento na arquitetura da planta. Porém, como pode-

se observar nos ensaios realizados, nem sempre as maiores doses de adubo foliar a base de silício quando aplicadas sob a planta apresentaram um melhor resultado, deste modo níveis mais elevados de silício aplicadas via foliar na planta podem afetar os grãos/sementes, ocasionando uma limitação de seu vigor e também na germinação em alguns casos (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2018). De acordo com Leite *et al.* (2006), as aplicações realizadas com doses mais elevadas de adubo foliar a base de manganês resultaram em um alto teor do nutriente na planta, isto resultou de forma negativa sobre as plantas de milho causando um efeito desfavorável nas mesmas.

As doses de 300 g ha⁻¹ e 500 g ha⁻¹ foram as que obtiveram melhores desempenhos em relação ao vigor das sementes de trigo não armazenadas devido à sua capacidade de formar plântulas. Sementes de qualidade são reconhecidas por seu elevado potencial fisiológico, boa sanidade e devido seus altos percentuais de pureza tanto física como também genética. Tal potencial fisiológico está diretamente relacionado à sua capacidade em exercer suas funções vitais, reunindo informações sobre a germinação e o vigor (SCHUCH; KOLCHINSKI e CANTARELLI, 2008).

De acordo com Marcos Filho (2015), vigor diz respeito ao conjunto de características que são atribuídas às sementes e tem por finalidade conferir um potencial adequado para que essas sementes possam germinar, emergir e tornar-se plântulas normais mesmo quando sob distintas condições ambientais. A redução na qualidade das sementes, na maior parte dos casos pode ser traduzida pela diminuição do percentual de germinação, acréscimo no número de plântulas anormais e perda do vigor das plântulas (TOLEDO *et al.*, 2009).

Qualidade fisiológica de sementes de trigo após 60 dias de armazenamento

A Tabela 3 mostra o resumo da análise de variância para os fatores das doses via foliar de silício nas plantas de trigo, diferentes condições de armazenamento e também a interação entre ambos os fatores (D*A) das sementes de trigo armazenadas por 60 dias.

O coeficiente de variação fornece a variabilidade dos dados obtidos em relação à média, quanto mais baixos forem estes valores, mais homogêneos serão os dados representados, o que é o caso aqui apresentado. Já para os valores de Anderson-Darling, observa-se que não possuem normalidade os grupos de dados referentes a germinação e comprimento médio de parte aérea e, por esse motivo, foi necessária realizar a transformação desses parâmetros.

Tabela 3 - Resumo da análise descritiva e análise de variância para os fatores doses de adubo foliar a base de silício na produção da semente (D), armazenamento da semente produzida em diferentes ambientes (A) e a interação entre eles (D*A) os parâmetros de germinação(%Germ), envelhecimento acelerado (%Env), comprimento de raiz (CMR), comprimento médio da parte aérea (CMPA) e biomassa seca das plântulas (Biomassa).

Tratamento	%Germ	%Env	CR	CMPA	Biomassa
Média	96,17	93,47	10,46	4,23	0,124
C.V. (%)	2,22	3,00	3,91	11,09	5,75
Anderson-Darling	0,02*	0,28 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,03*	0,93 ^{ns}
p-valor ANOVA					
D	0,370 ^{ns}	0,448 ^{ns}	0,050*	0,001*	0,212 ^{ns}
A	0,777 ^{ns}	0,906 ^{ns}	0,570 ^{ns}	0,391 ^{ns}	0,080 ^{ns}
D*A	0,882 ^{ns}	0,953 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,015*	0,833 ^{ns}

C.V. = coeficiente de variação; ns = não significativo; * = significativo pelo teste F ($p \geq 0,05$).

No que se refere aos valores representados na ANOVA, pode-se constatar que ocorreu uma diferença estatística entre as doses estudadas para o comprimento de raiz e de parte aérea. Constata-se também a interação significativa das doses com o armazenamento para o comprimento médio de parte aérea.

Na Tabela 4 estão representadas as médias de comprimento de raiz e de parte aérea em relação as diferentes dosagens de adubo foliar a base de silício utilizadas no cultivo do trigo.

Tabela 4 - Médias de comprimento de raiz (CR) e comprimento médio de parte aérea (CMPA) em relação as diferentes doses foliares de silício na produção da semente.

Doses	CR	CMPA
Testemunha	10,57 ab	4,47 a
300 g ha ⁻¹	10,35 ab	4,41 a
500 g ha ⁻¹	10,77 a	4,46 a
600 g ha ⁻¹	10,47 ab	4,31 a
700 g ha ⁻¹	10,13 b	3,53 b

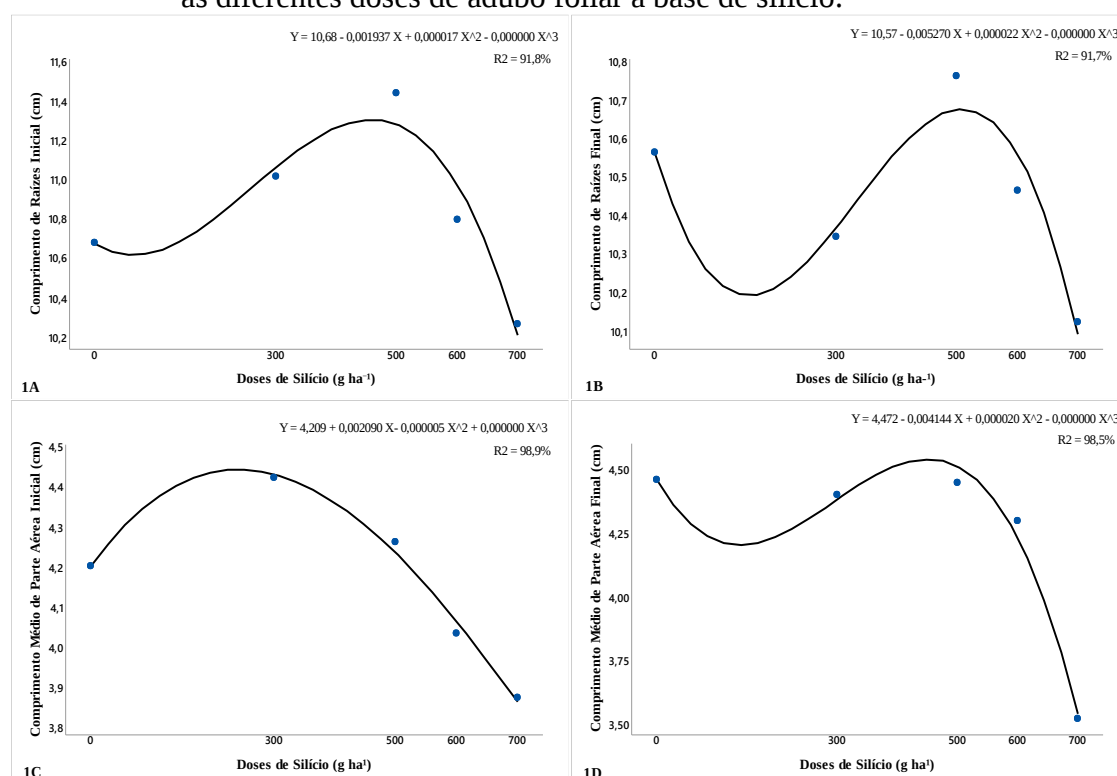
*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Observando os resultados do comprimento das raízes, pode-se notar que nenhuma dose estudada aumentou o comprimento de raiz das plântulas, mas as dosagens de 500 g ha⁻¹ e 700 g ha⁻¹ diferem entre si sendo que a dose de 500 g ha⁻¹ proporcionou um maior crescimento das raízes do que a dosagem de 700 g ha⁻¹.

No comprimento médio de parte aérea em relação as dosagens utilizadas, na qual a única dosagem que obteve uma diferença para com as demais foi a de 700 g ha⁻¹.

As Figuras 1-A e 1-B mostram através da análise de regressão, a tendência de efeito do aumento da dosagem de silício aplicada via foliar nas plantas de trigo e seu efeito no comprimento de raiz das plântulas formadas. Já as Figuras 1-C e 1-D apresentam por meio da análise de regressão, a tendência em relação ao aumento da dosagem de silício aplicada via foliar nas plantas de trigo e seu efeito no comprimento médio de parte aérea das plântulas formadas.

Figura 1 – Comportamento da análise de regressão representando os resultados de comprimento de raiz inicial (CRi – 1A) e final (CRf – 1B) do comprimento médio de parte aérea inicial (CMPAi – 1C) e final (CMPAf – 1D) em relação as diferentes doses de adubo foliar a base de silício.



Fonte: Autor (2021).

Pode-se observar que ambas as análises de regressão realizadas tanto no momento inicial como no final resultaram em gráficos explicados pelo modelo polinomial, representando um aumento no comprimento das raízes na dose de 500 g ha⁻¹, em contrapartida doses mais elevadas de silício, principalmente na dosagem de 700 g ha⁻¹, tem a tendência de resultar em redução significativa no comprimento das raízes.

Segundo Leite *et al.* (2006), a presença do adubo foliar quando em concentrações elevadas na folha apresentam fitotoxicidade às plantas, resultando em uma diminuição na parte aérea do milho, bem como em uma redução na produção de matéria seca, conforme os resultados obtidos na adubação a base de boro. O mesmo pode ser observado na

adubação realizada com o manganês o qual doses mais elevadas resultaram na redução do teor de clorofila da planta, reduzindo assim sua capacidade fotossintética e também o crescimento das raízes.

Os benefícios proporcionados pela utilização do silício podem ser observados pelo maior crescimento e produção vegetal obtidos, os quais podem ser resultantes de ações indiretas proporcionando uma maior rigidez na estrutura dos tecidos através da sua deposição nas paredes celulares, reduzindo desta forma o acamamento das plantas e proporcionando uma barreira contra insetos fitófagos e patógenos (SORATTO *et al.*, 2012).

Segundo Junior (2020), os benefícios proporcionados pela utilização do silício na redução do estresse vegetal são ocasionados através da ativação de complexos que atuam como reguladores de proteção, são responsáveis por promover, de maneira geral, a redução da transpiração e o aumento da fotossíntese na planta, o que resulta em um maior crescimento e ganhos de produtividade.

Resultados semelhantes também foram observados no vigor das plântulas oriundas de sementes logo após a colheita e antes do armazenamento (Tabela 2). Ressalta-se ainda semelhança entre os valores dos comprimentos de parte aérea e raiz para o início e fim do armazenamento (Tabela 2 e 4), o que sugere por semelhança que as sementes mantiveram a viabilidade ao longo do tempo.

A Tabela 5, descrita abaixo, representa os dados referentes ao desdobramento do comprimento médio de parte aérea. Os resultados demonstram que o comprimento da parte aérea das plântulas armazenadas em temperatura ambiente difere da testemunha em relação as doses de silício na dosagem de 700 g ha⁻¹.

Tabela 5 - Desdobramento do comprimento médio de parte aérea (CMPA) e final das plântulas de trigo perante as interações entre os fatores de diferentes doses de adubo foliar a base de silício e o armazenamento em diferentes ambientes (D*A).

Doses	CMPA (cm)	
	Temperatura ambiente	Ambiente controlado
Testemunha	4,71 aB	4,15 aA
300 g ha ⁻¹	4,43 aA	4,40 aA
500 g ha ⁻¹	4,41 aA	4,52 aA
600 g ha ⁻¹	4,40 aA	4,22 aA
700 g ha ⁻¹	3,16 bA	3,91 aB

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Já quando as sementes foram armazenadas com temperatura controlada foi possível observar que não houve variação significativa entre as doses estudadas. As sementes produzidas por plantas sem aplicação de silício e armazenadas em temperatura ambiente apresentaram maior comprimento médio de parte aérea. O inverso é observado para as plântulas oriundas das sementes produzidas com dose de 700 g ha⁻¹ de silício.

Isso mostra que quando armazenada em temperatura controlada, a qualidade da semente manteve vigor e não foi influenciado pela dose alta de silício. Segundo Demito e Afonso (2009) a redução na temperatura de armazenamento é uma estratégia viável economicamente visando a preservação da qualidade das sementes.

De acordo com Henning *et al.* (2010) a capacidade de sementes que possuem um alto vigor em suportar condições adversas de ambiente decorre do rápido e uniforme desenvolvimento de plântulas normais. Já sementes com baixo vigor apresentam uma maior quantidade de plântulas anormais, comprometendo a formação do estande adequado e o desempenho da cultura a campo.

Conclusões

Conclui-se que a aplicação foliar de silício na produção de sementes influencia o vigor de plântulas de trigo no início do seu desenvolvimento até 500 g ha⁻¹ do adubo estudado no presente trabalho. As sementes de trigo mantiveram o vigor, mesmo armazenadas por 6 meses em temperatura ambiente e controlada. Doses acima de 600 g ha⁻¹ tem tendência fitotóxica na qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Referências

- ABITRIGO. **Trigo e a farinha no mundo**, 2021. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/estatisticas-abitrigo/trigo-e-a-farinha-no-mundo/>>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- AGUIAR, R. W. S.; BRITO, D. R.; OOTANI, M. A.; FIDELIS, R. R.; PELUZIO, J. N. Efeito do dióxido do carbono, temperatura e armazenamento sobre sementes de soja e micoflora associada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 554-560, 2012.
- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.
- BRAGA, A. A. O.; COSSA, C. A.; SORACE, M. A. F.; MACHADO, V. J. J.; FREZATO, P.; SORACE, M.; PIRES, C. E. M.; OSIPI, E. A. F. Influência do armazenamento em diferentes temperaturas na qualidade fisiológica de sementes de *glycine max* (L.) Merrill. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p. 18101-18108 feb. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA / ACS, 395p, 2009.

BRITO, L. F. D.; PACHECO R. S.; SOUZA FILHO B. F. D; FERREIRA E. P. D. B; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO A. P. Response of common bean to rhizobium inoculation and supplemental mineral nitrogen in two Brazilian Biomes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 39, n. 4, p. 981-992, 2015.

CAMARGO, M. S. Efeitos do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos. **International Plant Nutrition Institute**, n. 155, p. 1-8, 2016.

COÊLHO, J. D. Trigo: Produção e Mercados. **Caderno Setorial ETENE**, ano 5, n.151, 2021.

DEMITO, A.; AFONSO, A. D. L. Qualidade das sementes de soja resfriadas artificialmente. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.7-14, 2009.

EICHELBERGER, L. **Produção de sementes de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, cap. 14, p. 349-370, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. revista ampliada. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

FERREIRA, D.F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FIGUEIREDO, F. C; RODRIGUES, C. R. Silício Líquido Solúvel: A sinergia entre a nutrição e defesa de plantas. **Campos & Negócios**. Uberlândia v.5, n.65, 2007.

HENNING, A. A., FRANÇA-NETO, J. B., KRZYZANOWSKI, F. C., LORINI, I. **Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de “La niña”**. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 1618 - Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras**. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

JANZEN, A. **Silício na qualidade fisiológica de sementes de trigo**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

JUNIOR, G. S. S. **Adição de silício na atenuação da toxicidade de alumínio nos teores de lignina, nutrição, trocas gasosas e sistema antioxidante de cana-de-açúcar**. 2020. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal.

KUHNEM, P.; ROSA, A. C.; WAGNER, F.; ROSA, A. T. S. **Informações técnicas para trigo e triticale**. Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2020. 225 p.

LEITE, U. T.; DE AQUINO, B. F.; CARVALHO ROCHA, R. N.; SILVA, J. DA. Níveis críticos foliares de Boro, Cobre, Manganês e Zinco em milho. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 2, 28 Mar. 2006.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARTIN, T. N.; STECCA, J. D. L.; DEAK, E. A.; BRUNNIG, L. A.; ALESSIO, P. G. Silício foliar em diferentes cultivares de trigo. **Revista Mundi**, v. 5, n. 2, p. 01-15, 2020.

MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. especial, p. 435-454, 2015.

MINITAB. **Getting started with Minitab 17**. Minitab, p. 82, 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. G.; FERREIRA, E. A.; NERY, M. C.; SILVA, R. F. C.; MELO, S. G. F.; FIALHO, C. M. T. Aplicação foliar de silício em plantas de trigo associado a qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 8, n. 1, 2018.

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 358-363, 2015.

PIMENTEL, F. G. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; FIGUEIREDO, F. C.; POZZA, A. A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, C. R. O silício na nutrição e defesa de plantas. **EPAMIG**, Boletim técnico, n. 82, 2007.

ROCHA, G. C.; NETO, A. R.; CRUZ, S. J. S.; CAMPOS, G. W. B.; CASTRO, A. C. O.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **Revista Cientific@**, v. 4 n. 1, p. 50-65, 2017.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; CANTARELLI, L. D. Relação entre a qualidade de aveia-preta e a produção de forragem e de sementes. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 1-6. 2008.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL C. A. C.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1538-1544, 2012.

TIBOLA, C. S.; DE MORI, C.; GUARIENTI, E. M.; LORINI, I.; LIMA, M. I. P. M.; MIRANDA, M. Z. Gestão da qualidade do trigo na pós-colheita. **EMBRAPA Trigo**, cap. 16, p. 391-426, 2011.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124–133, 2009.

VEIGA, A. D.; PINHO, E. V. R. V.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. A. R.; OLIVEIRA, K. C.; PINHO, R. G. V. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.