

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES**



DISSERTAÇÃO

**DESEMPENHO DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM SILICATO DE
ALUMÍNIO**

DANIEL ÂNDREI ROBE FONSECA

Pelotas, 2012.

DANIEL ÂNDREI ROBE FONSECA

**DESEMPENHO DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM SILICATO DE
ALUMÍNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob-orientação do Professor. Dr. Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para obtenção do Título de Mestre em Ciências

Pelotas,
Rio Grande do Sul - Brasil
Abril de 2012.

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

F676d Fonseca, Daniel Ândrei Robe

Desempenho de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio / Daniel Ândrei Robe Fonseca ; orientador Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros. - Pelotas, 2012. - 58f. : il. - Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1. Triticum aestivum L. 2. Recobrimento 3. Caulim I. Barros, Antonio Carlos Souza Albuquerque (orientador) II. Título.

CDD 633.11

DESEMPENHO DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM SILICATO DE ALUMÍNIO

DANIEL ÂNDREI ROBE FONSECA

Comitê de orientação:

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros (FAEM/UFPEL)

Co-Orientador: Dr. Geri Eduardo Meneghello (FAEM/UFPEL)

Comissão examinadora:

Profº Dr. Ledemar Carlos Vahl
(FAEM/UFPEL)

Profº Dr. Francisco Amaral Villela
(FAEM/UFPEL)

Profº Dr. Geri Eduardo Meneghello
(FAEM/UFPEL, Co-orientador)

Profº Dr. Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros
(FAEM/UFPEL, Orientador)

Dedico esta dissertação aos meus pais, exemplos de vida, Ademar Fonseca e Glair Robe Fonseca, obrigado por serem meus pais, meu horizonte. Também ao meu irmão Alisson André Robe Fonseca e irmã Fernanda Robe Fonseca que juntos sempre se preocuparam e estimularam o meu crescimento. Estas pessoas com muita sabedoria e dedicação sempre estiveram ao meu lado me encorajando nas horas difíceis e me aplaudindo nos momentos de alegria. A minha esposa Luciana Paulsen da Silva e nossas filhas Rafaela e Martina da Silva Fonseca além de nosso novo nenê, Antônia da Silva Fonseca, que está por chegar, que são meus motivos maiores, minha felicidade, amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que me proporcionou, minha linda família, saúde e felicidade e por mais esta conquista;

À Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, por proporcionar a realização do curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meus pais por toda dedicação, carinho, amor e incentivo;

Aos meus irmãos Alisson e Fernanda Robe Fonseca, pelo amor e carinho;

A minha esposa e minhas filhas por todo o amor, apoio, compreensão e paciência nos momentos mais difíceis, que não mediram esforços para a realização deste trabalho;

Ao orientador e amigo Profº. Dr. Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros pela amizade, orientação e realização deste trabalho;

Ao co-orientador Dr. Geri Eduardo Meneghello pela amizade, dedicação, paciência e esclarecimentos para realização deste trabalho;

Ao professor Dr. Francisco Amaral Villela pelos seus ensinamentos e apoio no decorrer do curso;

Ao professor Dr. Ledemar Carlos Vahl pela amizade, conhecimentos e esclarecimento transmitidos.

Aos meus colegas e amigos, Lizandro Tavares, Cassyo Rufino, André Brunes, Mateus Pino, Sandro de Oliveira, Elisa Lemes, Andre Mendonça, Lilian Madruga de Tunes e Tiago Aumonde por terem facilitado o trabalho em equipe e acima de tudo terem me brindado com sua amizade e carinho;

As funcionárias, amigas Ireni e verônica do laboratório do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes;

Ao funcionário Bandeira pela colaboração e atenção;

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, pelos conhecimentos transmitidos e experiências repassadas ao longo do curso;

A todos os colegas do curso, pelo apoio e harmonioso convívio

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO	9
SUMMARY	10
1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
4. CAPÍTULO I - Qualidade fisiológica de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio.....	20
4.1. Resumo	21
4.2. Abstract	22
4.3. Introdução	23
4.4. Material e métodos	24
4.5. Resultados e discussão	27
4.6. Conclusão	31
4.7. Referências bibliográficas.....	32
5. CAPÍTULO II - Reflexos do recobrimento de sementes de trigo com silicato de alumínio no rendimento e qualidade fisiológica.....	37
5.1. Resumo	38
5.2. Abstract	39
5.3. Introdução	40
5.4. Material e métodos	42
5.5. Resultados e discussão	45
5.6. Conclusão	53
5.7. Referências bibliográficas.....	54

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Qualidade fisiológica de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio.....	20
Figura 1 – Primeira contagem de germinação (1A) e germinação (1B) de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	28
Figura 2 – Teste de frio (2A) e envelhecimento acelerado (2B) para as sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	28
Figura 3 – Comprimento total (3A), comprimento de parte aérea (3B) e comprimento de raiz (3C) de plântulas formadas de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio g.100 kg ⁻¹ de sementes. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	29
Figura 4 – Emergência em campo de plântulas originadas de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio. Pelotas, RS,.....	30
CAPÍTULO II – Reflexos do recobrimento de sementes de trigo com silicato de alumínio no rendimento e qualidade fisiológica.....	37
Figura 1 – Determinação do teor de silício na folha (1A); teor de silício no colmo (1B) de trigo produzido a partir de sementes recobertas com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	46
Figura 2 – Determinação do teor de clorofila através de leituras do medidor indireto de clorofila do modelo clorofiLOG CFL1030 de trigo produzido a partir de sementes recobertas com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	47
Figura 3 – Número de espigas por planta de trigo produzido a partir de sementes recobertas com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	47
Figura 4 – Número de sementes por planta (4A) e peso de sementes por planta (4B) de trigo produzido a partir de sementes recobertas com silicato de alumínio.....	48
Figura 5 – Peso de 1000 sementes (5A) e peso hectolítrico (5B) de trigo produzido a partir de sementes recobertas com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	49
Figura 6 – Primeira contagem de germinação (6A) e germinação (6B) de sementes de trigo produzidas a partir do recobrimento de silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.....	50
Figura 7 – Teste de frio (TF) para as sementes de trigo produzidas a partir do recobrimento de silicato de alumínio.....	50
Figura 8 – Envelhecimento acelerado (EA) 72 horas(8A) e Envelhecimento acelerado (EA) 96 horas (8B) para as sementes de trigo produzidas a partir do recobrimento de silicato de alumínio.....	51
Figura 9 – Comprimento total (9A), comprimento de parte aérea (9B) e comprimento de raiz (9C) de plantulas formadas de sementes de trigo produzidas a partir do recobrimento de silicato de alumínio.....	52

LISTA DE TABELAS

Capítulo I:	Página
Tabela 1. Doses do tratamento com silicato de alumínio aplicado no recobrimento de sementes de trigo.....	25

RESUMO

DESEMPENHO DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM SILICATO DE ALUMÍNIO

.

Autor: Daniel Ândrei Robe Fonseca

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros

RESUMO- No presente trabalho utilizaram-se sementes de trigo, cultivar Fundacep Horizonte recobertas com seis doses de silicato de alumínio (0, 20, 30, 40, 50 e 60 g por 100 kg de sementes). Foram conduzidos dois trabalhos de pesquisa no intuito de verificar a influência do silício empregado via semente, bem como avaliar o desempenho fisiológico e os componentes de rendimento. No primeiro trabalho estudou-se o comportamento da qualidade fisiológica das sementes recobertas com silicato de alumínio. No segundo foi realizado a condução do experimento avaliando-se a absorção do silício pelas plantas e a influência no índice de clorofila, bem como nos componentes de rendimento e a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Os resultados mostraram que o silicato de alumínio melhora a qualidade fisiológica das sementes se submetidas a estresse e o rendimento das plantas de trigo oriundas de sementes recobertas com silicato de alumínio.

Palavras – chave: *Triticum aestivum* L., recobrimento, caulim.

SUMMARY

PERFORMANCE OF SEED WHEAT COATED ALUMINUM SILICATE

Student: Daniel Ândrei Robe Fonseca

Adviser: Prof. Dr. Antonio Carlos Souza Albuquerque Barros

SUMMARY- The present study, we used seeds of wheat, cv Fundacep horizon coated with six doses of aluminum silicate (0, 20, 30, 40, 50 and 60g per 100 kg seed). We conducted two research studies in order to verify the influence of the silicon used by seed, and to evaluate the physiological performance and yield components. In the first paper we studied the behavior of the physiological quality of seeds coated with aluminum silicate. The second was carried out the experiment evaluating the absorption by the plants and silicon influence on the rate of chlorophyll and the components of yield and quality physiological seed. The results showed that aluminum silicate improves the physiological quality of seeds have been subjected to stress and yield of wheat plants grown from seeds coated with aluminum silicate.

Key - words: *Triticum aestivum* L., coatings, kaolin

1. INTRODUÇÃO

O grão de trigo é um dos mais consumidos no mundo sendo considerado alimento básico pelos inúmeros derivados obtidos através de sua industrialização. A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) tem a sua produção e até mesmo a sua viabilidade econômica fortemente influenciada pelas condições de clima. Produzidas em uma ampla diversidade climática, abrangendo zonas temperadas, onde está concentrada sua maior produção em regiões subtropicais e tropicais.

Para atingir rendimento satisfatório em uma lavoura de trigo, o ponto de partida é a semente de alta qualidade, permitindo alto estande de plântulas uniforme. Deste modo, a adoção de determinadas práticas, novas tecnologias, como o recobrimento de sementes traz para o agricultor grandes benefícios, proteção adequada às sementes na fase inicial de desenvolvimento do cultivo, com a utilização de defensivos químicos como fungicidas, inseticidas, inoculantes e micronutrientes como zinco, molibdênio, e elemento benéfico como o silício, contribuindo assim para a sustentabilidade do atual sistema de produção.

O silício esta sendo cada vez mais reconhecido como um elemento benéfico para a produção de várias culturas, além de contribuir para a redução da aplicação de agrotóxicos, sendo considerado como uma tecnologia limpa e sustentável. De acordo com Korndörfer e Datnoff (1995), solos com intensa utilização, solos altamente intemperizados ou lixiviados podem apresentar baixos teores de silício disponível às plantas. Assim, é possível respostas à aplicação do silício para obtenção de altos rendimentos para os cultivos.

As poaceas apresentam boa resposta à aplicação de silício, sendo consideradas plantas acumuladoras, principalmente quando sujeitas a algum tipo de estresse, seja biótico ou abiótico. A aplicação de silício nas sementes tem a vantagem de disponibilizar o micronutriente para absorção nas fases iniciais de crescimento, uma vez que o sistema radicular das plântulas em início de crescimento nem sempre possuem capacidade para absorção de grandes quantidades desse elemento do solo.

Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito do recobrimento de sementes de trigo com silicato de alumínio na qualidade fisiológica das sementes, nutrição das plantas e os componentes de rendimento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mundialmente, a produção de trigo é superior a 640 milhões de toneladas por ano (USDA, 2010). O Brasil concentra seu cultivo na região Sul do país, sendo responsável por mais de 90% da produção, com uma área cultivada, na safra 2010/11 de aproximadamente 2,5 milhões de hectares, tendo uma produtividade média de 2.490 kg.ha^{-1} , no Rio Grande do Sul (CONAB, 2011).

O interesse em maximizar o rendimento de trigo tem estimulado o uso de manejo intensivo nessa cultura. Esse manejo integra a adoção de determinadas práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de semeadura adequada, aumento do nível de adubação do solo e controle de doenças, insetos e de acamamento de plantas (Rodrigues e Teixeira, 2003).

Para a obtenção de sementes de alta qualidade, é imprescindível, uma adubação mineral balanceada, dada a sua influência na produção e qualidade do produto agrícola (Delouche, 1981 e Wrigley et al., 1984). O vigor das sementes que exprime o seu nível de qualidade fisiológica está relacionado com uma série de fatores como: condições climáticas durante a maturação, condições de armazenamento, dano mecânico, nutrição das plantas genitoras e tratamento químico das sementes, entre outros (Carvalho e Nakagawa, 2000).

A agregação de valor às sementes, utilizando métodos e tecnologias de produção como recobrimento de sementes, vem sendo uma exigência do mercado, cada vez mais competitivo. Para isto são necessárias sementes com alta uniformidade de germinação e emergência e que produzam plântulas com alto potencial de crescimento (Baudet e Peres, 2004). Outra forma de agregar valor às sementes é o uso de tecnologia avançada, como o tratamento e o recobrimento de sementes.

O recobrimento de sementes consiste na deposição de uma camada fina e uniforme de um polímero à superfície da semente. Devido à proteção imposta às sementes, em relação a variações de temperatura e umidade, tanto no solo como em armazenagem, as sementes polimerizadas tendem a apresentar melhor germinação e emergência, principalmente em condições adversas. É uma tecnologia altamente eficiente na proteção das sementes, pois melhora a fixação de agroquímicos usados no tratamento de sementes e possibilita a adição de diversos

outros produtos, como macronutrientes, hormônios e, em alguns casos, produtos em pó e micronutrientes como o silício (Baudet e Peres, 2004).

O tratamento de sementes com micronutrientes tem possibilitado elevar a produtividade, principalmente em regiões que adotam elevados níveis de tecnologia de manejo das culturas (Ávila et al., 2006). Os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, embora a falta possa limitar o crescimento das plantas mesmo se todos os outros nutrientes essenciais estejam presentes em quantidades adequadas (Lopes, 1989).

Os micronutrientes atuam principalmente como ativadores e componentes estruturais de enzimas. Sua importância revela-se por meio das funções que exercem no metabolismo das plantas,

O silício é um elemento benéfico para a produção de várias culturas Korndörfer et al. (2002). No Brasil, o silício foi incluído em um Decreto do Ministério da Agricultura (nº. 4.954, 14/01/2004) como elemento “benéfico”. Sua utilização na agricultura foi viabilizada ao ser encontrada uma fonte comercial de silicatos de cálcio e silicatos de magnésio nas escórias de siderurgia (Brasil, 2004).

De acordo com Korndörfer e Datnoff (1995), solos com intensa utilização, altamente intemperizados ou lixiviados e também orgânicos, podem apresentar baixos teores de silício disponível às plantas. Assim, é possível respostas à aplicação do elemento para obtenção de altos rendimentos para as culturas. O silício ocorre na natureza nas formas de sílica (SiO_2) e silicatos, como exemplo: silicato de cálcio (CaSiO_3) e silicato de magnésio (MgSiO_3), não sendo encontrado puro. Dentre as fontes de silício para as plantas encontram-se: escórias de siderurgia, wollastonita, subprodutos da produção de fósforo elementar, silicato de cálcio, de sódio, de alumínio, cimento, termofosfato, silicato de magnésio (serpentinó), silicato de potássio e sílica coloidal (Korndorfer et al., 2002).

O termo caulim ou “china clay” deriva da palavra chinesa Kauling (colina alta) e refere-se a uma colina de *Jauchau Fu*, ao norte da China, onde o material é obtido, há muito anos. Formado essencialmente pela caulinita, apresenta em geral cor branca ou quase branca, devida ao baixo teor de ferro (Caulim, 2011).

A primeira utilização industrial do caulim foi na fabricação de artigos cerâmicos de porcelana há muitos séculos atrás. Somente a partir da década de 1920 teve início à aplicação do caulim na indústria de papel, sendo precedida pelo uso na indústria da borracha. Posteriormente, o caulim passou a ser utilizado em

plásticos, pesticidas, rações, produtos alimentícios e farmacêuticos, fertilizantes e outros, tendo atualmente uma variedade de aplicações industriais (Caulim, 2011). Entende-se por caulim, o material formado por um grupo de silicatos hidratados de alumínio ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), principalmente caulinita e haloisita (fórmula química dos minerais do grupo da caulinita: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, onde m varia de 1 a 3 e n de 2 a 4). Também podem ocorrer os minerais do grupo da caulinita, a saber: diquita, nacrita, folerita, anauxita, colirita e tuesita. Além disso, o caulim sempre contém outras substâncias sobre a forma de impurezas, areia, quartzo, grãos de feldspato, óxidos de ferro e titânio, etc. (Caulim, 2011).

O silício é absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) juntamente com a água (fluxo de massa) e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração (tricomas, espinhos, etc.), como ácido silícico polimerizado (sílica amorfa). Em geral, são consideradas plantas acumuladoras de silício, aquelas que possuem teor foliar acima de 1%, e não acumuladoras plantas com teor de silício inferior a 0,5% (Ma et al., 2001). O silício, ao ser absorvido pelas plantas, é facilmente translocado no xilema, e tem tendência natural a se polimerizar. Mais de 94% do silício absorvido pelo trigo foi transportado rapidamente para a parte aérea, concentrando-se nas folhas mais velhas, as quais continham até 11,8% do elemento.

Em plantas de pepino, cultivadas em hidroponia, ao ser interrompido o suprimento de silício na solução, as folhas superiores apresentaram concentração marcadamente menor que as inferiores, indicando baixa translocação desse elemento na planta, igualmente ao que acontece com o cálcio (Barber e Shone, 1966). Na planta, o silício concentra-se nos tecidos de suporte, do caule e nas folhas, podendo ser encontrado em pequenas quantidades nas sementes. Em geral, o conteúdo médio de silício das raízes é menor se comparado com o caule e folhas, em alguns casos, como por exemplo, a soja, o teor de silício na raiz é maior do que nas folhas (Oliveira e Castro, 2002).

A maior parte do silício é incorporado na parede celular, principalmente nas células da epiderme, estômatos e tricomas, ou depositada juntamente com outros elementos, originando compostos amorfos chamados de fitólitos ou sílica biogênica. O depósito de silício absorvido é influenciado por vários fatores dentre eles pela idade da planta, do tipo e da localização dos tecidos envolvidos e da absorção através das raízes, além da transpiração (Datnoff et al., 2001).

Outra consideração a ser feita, refere-se ao tipo de cultura, pois existem espécies que apresentam maior capacidade de resposta à aplicação de silício, tais como arroz, cana, trigo, sorgo e poaceas em geral. Para estas plantas, a adubação com produtos ricos em silício tem proporcionado benefícios, principalmente se as mesmas estão sujeitas a algum tipo de estresse, seja biótico ou abiótico. Os benefícios associados ao uso de silicatos estão relacionados não apenas ao fornecimento de silício, mas também ao efeito dos mesmos como corretivos de acidez, fornecimento de cálcio, magnésio e também micronutrientes, tais como cobre, ferro, manganês e outros (Queiroz, 2003).

De acordo com Jarvis (1987), o silício está depositado na forma sílica amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), sua resolubilização e mobilidade dentro da planta são muito mais dificultados. Desta forma, ficam claras as controvérsias existentes entre o processo de redistribuição de silício na nutrição de plantas. A ocorrência de redistribuição seria importante para garantir o papel do silício solúvel como elemento benéfico contra ataques de pragas e doenças e adversidades climáticas. A mobilidade de silício tem implicações fisiológicas fundamentais concernentes à redistribuição de silício dentro da planta, assim como implicações práticas para aplicação de silicato no controle de doenças e outras condições de estresse fisiológico. Este fato pode implicar na necessidade de fazerem aplicações periódicas de silício para ter o efeito benéfico do mesmo, na forma solúvel.

A deposição de silício junto à cutícula das folhas confere proteção às plantas e ameniza os efeitos de estresses de natureza biótica e abiótica (Epstein, 1999). Este elemento ocorre com maior frequência nas regiões onde a água é perdida em grande quantidade, ou seja, na epiderme foliar junto às células-guarda dos estômatos e outra célula epidérmica. Esses depósitos de sílica nos tecidos foliares promovem a redução na taxa de transpiração (Dayanandam et al., 1983).

Além do efeito na transpiração, a deposição de sílica na parede das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos (Dayanandam et al., 1983). Isso ocorre pela associação da sílica com constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis às enzimas de degradação (resistência mecânica).

No caso do arroz, a adubação com silício pode eliminar ou reduzir o número de aplicações com fungicidas durante o ciclo da cultura. Isto ocorre porque no arroz o silício deposita-se em maior proporção abaixo da cutícula, formando uma camada

de sílica, contribuindo para fortalecer a planta e dificultar a penetração de hifas de fungos (Ma e Takahashi, 2002; Korndörfer et al., 2002).

A aplicação de silício nas plantas de feijão causa a indução de resistência às doenças fúngicas, como antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) (Moraes et al., 2006) e aos insetos-praga, como mosca branca (*Bemisia tabaci*) (Almeida et al., 2008). Esse efeito benéfico do silício pode ser desencadeado pelo fato do silício agir como uma barreira física (Kim et al., 2002), ou por outro mecanismo proposto, em que silício solúvel atua como ativador de resistência (Fawe et al., 2001; Guével et al., 2003 e Côté-Beaulieu et al., 2009).

Visto que os mecanismos de defesa dos patógenos X hospedeiro tratado com silício ainda não são perfeitamente conhecidos, existem duas propostas para explicar esta supressão: o aumento do silício na parede celular impede o crescimento e a penetração do fungo e de outros patógenos nos tecidos da planta e ou; a ativação dos mecanismos naturais de defesa da planta como, por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina, além também da interação que pode existir entre a barreira física e química (Figueiredo e Rodrigues, 2004).

Os silicatos tem comportamento no solo similar ao dos carbonatos de cálcio e magnésio, sendo capazes de elevar o pH e neutralizar o alumínio trocável, se aplicados como corretivo. Ainda por comportamento semelhante ao dos carbonatos, ocorrem sítios de troca com fósforo absorvido nas argilas, deslocando estes nutrientes para a solução do solo, tornando-os assim mais assimiláveis pelas plantas (Korndörfer et al., 2004).

O transporte, na mesma forma assimilada, é feito através do xilema, sendo a distribuição dependente da transpiração dos órgãos envolvidos. Nas folhas de arroz, forma-se uma camada dupla de sílica abaixo das cutículas nas células epidérmicas. Essa camada de sílica limita a perda de água pelas folhas e dificulta a penetração e o desenvolvimento de hifas de fungos (Malavolta, 1980).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G.D.; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A.M.; VICENTINI, V.B. Fertilizante organomineral como indutor de resistência contra a colonização da mosca branca no feijoeiro. **IDESIA**, Arica, v. 26, n. 1, p. 29-32, 2008.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P.; FACIOLLI, F. S. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 535-543, 2006.

BARBER, D.A.; SHONE M.G.T. The absorption of silica from aqueous solutions by plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 17, p. 569-578, 1966.

BRASIL Decreto nº 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e da outras providências. Normas jurídicas (texto integral) DEC004954, 14 de janeiro, 2004, 27p.

BAUDET, L.; PERES, W.B. Recobrimento de sementes. In: **Seed News**, Pelotas, v.4, n. 1, p. 20-23, 2004.

CARVALHO, N.M. e NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal, Funep, 2000. 588p.

CAULIM. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2011. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Caulim&oldid=27657239>>. Acesso em: 6 abr. 2012.

COMPANHIA Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março 2011**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>> Acesso em: 15 março 2011.

CÔTÉ-BEAULIEU, C.; CHAIN, F.; MENZIES, J.G.; KINRADE, S.D.; BÉLANGER, R.R. Absorption of aqueous inorganic and organic silicon compounds by wheat and their effect on growth and powdery mildew control. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 65, p. 155–161, 2009.

DATNOFF, L. E; SNYDER, G. H; KORNDÖRFER, G. H. Silicon in agriculture. Amsterdam: Elsevier science, 2001. v. 8, 424 p.

DELOUCHE, J.C. Metodologia de pesquisa em sementes: III. Vigor, envigoroamento e desempenho no campo. **Revista Brasileira de Semente**, Brasília, v.3, p. 57-64, 1981.

DAYANANDAM, P., KAUFMAN, P. B., FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, Amsterdam, v. 70, p.1079-1084. 1983.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. Palo Alto, v.50, p. 641-664, 1999.

FAWE, A.; MENZIES, J.G.; CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R.R. Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Ed.). Silicon in agriculture. Amsterdam: **Elsevier**, 2001. p. 159-170.

FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R. Silício líquido solúvel. **Revista Campo e Negócio**, Uberlândia, n.44, 2004.

JARVIS, S.C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. **Plant and Soil**. Dordrecht, v. 97, n. 3, p. 429-437, 1987.

KIM, Y.Y.; YANG, Y.Y.; LEE, Y. Pb and Cd uptake in rice roots. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 116, n. 3, p. 368–372, 2002.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p.1-5, jun. 1995.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S.. Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (**Boletim Técnico**, 1).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: Grupo de pesquisa “**Silício na Agricultura**”, 2004. 34p. (Boletim técnico n. 2).

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Traduzido por Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA/Fotapos, 1989.

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: Silicon in Agriculture. Edited by DATNOFF, L. E., KORNDÖRFER, G. H., SNYDER, G. New York: **Elsevier science**. 2001. p.17-39.

MA, J. F. & TAKAHASHI, E. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Tokio, **Elsevier**, 2002. 274p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**, Piracicaba, Ceres, v.1, 1980.

MORAES, S.R.G.; ALVES, E.; POZZA, A.A.A.; CARVALHO, J.G.; LIMA, P.H.; BOTELHO, A.O. Efeito de Fontes de Silício na Incidência e na Severidade da Antracnose do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 69-75, 2006.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de sílica nas folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* ST. Hil. **Revista Eletrônica Horizonte Científico**. Ver. Horizonte Científico, 2002. Disponível em: www.propp.ufu.br/revistaeletrônica/B/OCORRENCIA.PDF. Acesso em: 10 de janeiro de 2010.

QUEIROZ, A.A. **Reação de fontes de silício em quatro solos do cerrado**. 2003. 39f. Monografia (Graduação em Agronomia)- Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M.C.C.; Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2003.

USDA - **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE**. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. Acesso em: 04 fevereiro 2010.

WRIGLEY, C.W.; DU CROSS, D.L.; MOSS, H.J.; RANDALL, P.J.; KULLINGTON, J.G. & KASARDA, D.D. Effect of sulfur deficiency on wheat availability. In: SULFUR in Agriculture, Washington, **The Sulfur Institute**, 1984. p.2-7.

4. CAPITULO I

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTAS COM SILICATO DE ALUMÍNIO

4.1. RESUMO

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TRIGO RECOBERTA COM SILICATO DE ALUMÍNIO

O uso do silício é uma tecnologia limpa e sustentável, com enorme potencial para diminuir o uso de agroquímicos e aumentar a produtividade através de uma nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente, o que significa plantas mais produtivas, com menor incidência de pragas e doenças. Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de trigo recobertas com diferentes doses de silicato de alumínio. Foram utilizadas sementes de trigo, cultivar Fundacep Horizonte, recobertas com seis doses de silicato de alumínio (0, 20, 30, 40, 50 e 60g por 100 kg de sementes). Para o recobrimento foi utilizado polímero Sepiret® na dose de 300 ml por 100 kg de sementes, totalizando um volume de calda de $1\text{L}.100\text{kg}^{-1}$ de sementes. Empregou-se delineamento experimental completamente casualizado, com quatro repetições. As avaliações realizadas foram germinação, primeira contagem de germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado, comprimento total de plântulas, parte aérea e raiz e emergência em campo. Com base nos resultados constatou-se que o silício influenciou, na primeira contagem de germinação e no envelhecimento acelerado, positivamente até a dose de 60g por 100 kg de semente, sendo que para as variáveis comprimento total e de raiz ocorreu uma declínio significativo conforme o aumento das doses de silicato de alumínio.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., recobrimento, desempenho fisiológico.

4.2. ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF WHEAT SEEDS COVERED WITH ALUMINUM SILICATE

The use of silicon is a clean and sustainable technology with enormous potential to reduce chemical use and increase productivity through a more balanced nutrition and physiologically more efficient, which means more productive plants, with lower incidence of pests and diseases. Given this, the objective of this study was to evaluate the physiological quality of wheat seeds coated with different doses of aluminum silicate. Seeds of wheat cultivar Fundacep Horizonte, covered with six doses of aluminum silicate (0, 20, 30, 40, 50 and 60g per 100 kg seed). For the polymer coating was used Sepiret ® at a dose of 300 mL per 100 kg seed, with a total spray volume of 1L per 100kg seed. It was used a completely randomized design with four replications. The evaluations were germination, first count of germination test, cold test, accelerated aging, seedling length, root and shoot and field emergence. Based on these results it was found that the silicon influenced in the first count and in accelerated aging, to positively 60g per 100 dose of 1 kg seed, and the variables and root length was a significant decline with increasing doses of aluminum silicate.

Key-words: *Triticum aestivum* L., coating, physiological performance.

4.3. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma espécie de estação fria e sua produção mundial é superior a 640 milhões de toneladas por ano, sendo a segunda maior produção de grãos em nível mundial (USDA, 2010). O Brasil concentra sua produção na região Sul do país, a qual é responsável por mais de 90% da produção nacional, com uma produção, na safra 2010/11, de 5.880 milhões de toneladas, superior em 17% a safra 2009/10, com 5.026 milhões de toneladas. Sendo que a área cultivada de 2.149,8 milhões de hectares, 11,5% menor que a área cultivada na safra 2009/10, que foi de 2.428 milhões de hectares (CONAB, 2011). Este montante representa menos de 50% do consumo interno do cereal, tornando o Brasil um dos principais países importadores de trigo no mundo. Na região sul do país, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, o trigo é uma das principais alternativas de cultivo no inverno (Schuch et al., 2000).

Segundo Baudet (2004), o recobrimento de sementes é uma nova tecnologia, também promissora para grandes culturas e que proporciona várias vantagens, tais como: melhora das condições de semeadura, aumento da eficiência dos produtos aplicados, pois a cobertura e a adesão dos ingredientes ativos é mais eficiente, possibilita adicionar micronutrientes e inoculantes, fungicidas, inseticidas e hormônios, traz maior segurança para os trabalhadores durante a aplicação, proteção da semente contra danos mecânicos, melhora a aparência e permite identificar cultivares através do uso de pigmentos coloridos.

Trabalhos com recobrimento de sementes utilizando micronutrientes, tais como molibdênio (Binneck et al., 1999), e zinco (Tunes, 2011) em trevo-branco, soja e trigo, respectivamente, são essenciais para estimular o desenvolvimento inicial das plântulas.

O fornecimento do silício no recobrimento de semente é benéfico para a maioria das plantas superiores, embora não sendo um elemento essencial, pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas, maior tolerância ao acamamento, maior rigidez estrutural dos tecidos, a proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxicidade de alumínio, manganês, ferro e

sódio, e estresses bióticos, aumento na proteção contra patógenos e insetos fitófagos (Epstein, 1994; Marschner, 1995).

O uso do silício representa uma tecnologia ambientalmente correta, sustentável, com grande potencial para diminuir a frequência e o uso de fungicidas e inseticidas (Lima Filho, 2009; Silva et al, 2010).

A utilização do silício na agricultura torna-se particularmente interessante se for considerado um anti-estressante natural. Estresses causados por temperaturas extremas, veranicos, metais pesados ou tóxicos, por exemplo, podem ter seus efeitos reduzidos com o uso do silício.

Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de trigo recobertas com diferentes doses de silicato de alumínio.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na safra agrícola 2011/2012, no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) Flávio Farias Rocha, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, no município de Capão do Leão - RS. Utilizando-se sementes da cultivar FUNDACEP HORIZONTE.

Previamente ao recobrimento das sementes de trigo com silicato de alumínio (CAULIM[®]) foram realizados testes preliminares. Tiveram por objetivo, determinar a máxima quantidade de silicato de alumínio em forma pura (pó), possível de ser aderida às sementes, definindo-se então, que as quantidades máximas seria apenas uma camada de recobrimento com polímero. A partir da dose máxima possível, procurou-se determinar as demais doses do produto a serem incluídas na pesquisa. Portanto o tratamento consistiu do recobrimento das sementes de trigo com silicato de alumínio, A seguir as sementes foram recobertas com polímero da marca comercial Sepiret[®] na dose de 300 ml por 100 kg de sementes, totalizando um volume de calda de 1L por 100 kg de sementes. As doses de silicato de alumínio utilizadas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Doses de silicato de alumínio aplicado no recobrimento de sementes de trigo.

Tratamento	Doses
	(g por 100 kg de sementes)
T0	0,0
T1	20,0
T2	30,0
T3	40,0
T4	50,0
T5	60,0

Para cada tratamento utilizaram-se quatro repetições de recobrimento de sementes. O recobrimento foi realizado conforme a metodologia descrita por Nunes (2005); utilizando-se o método manual com sacos de polietileno. Para isso, adotou-se a seguinte ordem de aplicação dos produtos: silicato de alumínio (CAULIM[®]) sobre a semente, com agitação por 3 minutos para aderir na semente, em seguida colocou-se o polímero e a água diretamente no fundo de outro saco plástico (3 lts) até uma altura de aproximadamente de 0,15 metro. Logo após foram colocados 0,2 kg de sementes no interior do saco plástico, sendo o mesmo novamente agitado, por 3 minutos. Na sequência, os sacos, com cada repetição dos tratamentos, foram abertos, permitindo as sementes secarem em temperatura ambiente durante 24 horas.

A qualidade fisiológica foi avaliada pelos seguintes testes: germinação (G) e vigor das sementes recobertas, contemplando os testes de primeira contagem de germinação (PCG), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), comprimento total de plântulas (CT), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e emergência em campo (EC) realizados de acordo com a seguinte metodologia.

O **teste de germinação** foi realizado utilizando quatro repetições de 50 sementes por repetição de cada tratamento, semeando-se em rolos de papel do tipo *germitest* umedecido, previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em germinador a temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e a avaliação realizada aos oito dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

A **primeira contagem da germinação** foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as porcentagens médias de plântulas normais, após quatro dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Na análise do **teste de frio** adotou-se a metodologia proposta por Barros et al. (1999). Para tanto, inicialmente distribuíram-se uniformemente, quatro repetições de 50 sementes em papel do tipo *germitest*, previamente umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida os rolos foram colocados em sacos plásticos fechados, permanecendo por sete dias em refrigerador a 10 °C. Após, os rolos foram colocados no germinador a temperatura de 20 ± 2 °C e quatro dias após realizou-se a contagem de plântulas normais.

O teste de **envelhecimento acelerado** foi conduzido em caixa plástica do tipo “gerbox” com tela metálica. Adicionaram-se 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa e sobre a tela foram distribuídas uniformemente em uma camada, as sementes de cada tratamento, em quatro repetições. Em seguida, as caixas, contendo as sementes, foram tampadas e após acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41 °C, onde permaneceram por 72 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e avaliadas no quarto dia.

Comprimento total (CT), comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento da raiz (CR): realizado aos quatro dias após a montagem do teste de germinação, sendo as plântulas escolhidas aleatoriamente (dez plântulas), obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 20 sementes, no terço superior da folha de papel do tipo *germitest* umedecidas com 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos foram postos em germinador a 20 ± 2 °C, conforme descrições de Nakagawa (1999). Determinaram-se o comprimento total e da parte aérea das plântulas, com auxílio de régua graduada em milímetros, sendo o comprimento da raiz determinado pela subtração do comprimento total pelo comprimento da parte aérea. Os comprimentos médios total de plântulas, parte aérea e raiz foram obtidos somando-se as medidas de cada repetição e se dividindo pelo número de plântulas avaliadas, com os resultados expressos em centímetros.

O teste de **emergência á campo** conduzido com quatro repetições de 50 sementes, semeadas em linhas de 1,0 m com espaçamento de 0,15 m. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura, determinando-se as porcentagens de emergência de plântulas (Nakagawa, 1994)

Para avaliação da qualidade fisiológica utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e analisados por regressão polinomial. Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0 (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2003).

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, encontram-se os resultados do teste de primeira contagem de germinação e germinação de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio. A análise estatística dos dados da variável primeira contagem de germinação foram significativos (Figura 1A). Evidenciou acréscimo acentuado nas menores doses utilizadas e uma tendência menor de crescimento nas doses mais elevadas. A máxima resposta da primeira contagem de germinação foi obtida com a dose de 50g de silicato de alumínio por 100 kg de sementes, determinando um incremento de sete pontos percentuais relativamente à dose zero. Já a para a variável germinação não houve efeito significativo das doses de silicato de alumínio (Figura 1B). Estudos com recobrimento de sementes envolvendo micronutrientes têm mostrado variações nos resultados. Respostas semelhantes à germinação foram encontrados por Santos et al. (2010) em sementes de *Brachiaria* e por Toledo et al. (2011) em sementes de aveia branca. No entanto, Matichenkov et al. (2005) trabalhando com sementes de trigo, verificaram aumento linear no teste de germinação e primeira contagem de germinação com o incremento das doses de silício.

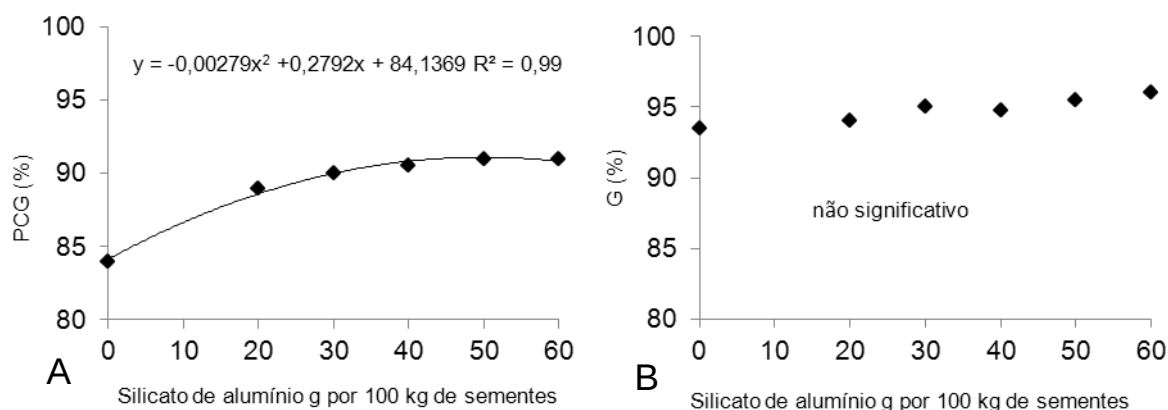


Figura 1 – Primeira contagem de germinação (1A) e germinação (1B) de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Na Figura 2, encontram-se os dados do teste de frio e de envelhecimento acelerado para as sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio. Similar ao teste de germinação o teste de frio não foi significativo (Figura 2A), Porém o teste de envelhecimento acelerado apresentou comportamento crescente com aumento de 7,3 pontos percentuais na dose máxima em relação a dose zero. (Figura 2B). De acordo com Rafi et al. (1997), a presença de silício pode resultar em aumento da capacidade biológica das sementes e plântulas em resistir às condições adversas do meio ambiente.

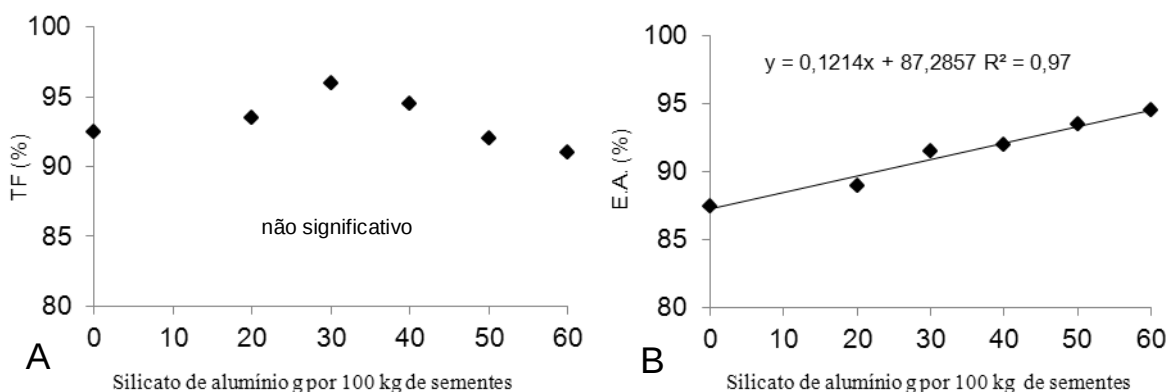


Figura 2 – Teste de frio (2A) e envelhecimento acelerado (2B) de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que houve efeito significativo das doses de silicato de alumínio para comprimento total (Figura 3A) e comprimento da raiz (Figura 3C), influenciando negativamente no desenvolvimento das plântulas, conforme o aumento da dose de silicato de alumínio. Por outro lado, para comprimento de parte aérea (Figura 3B) não ocorreu resposta significativa. Tais respostas podem estar relacionadas à diferença na eficiência de utilização de nutrientes conforme sugerido por Oliveira et al. (2003).

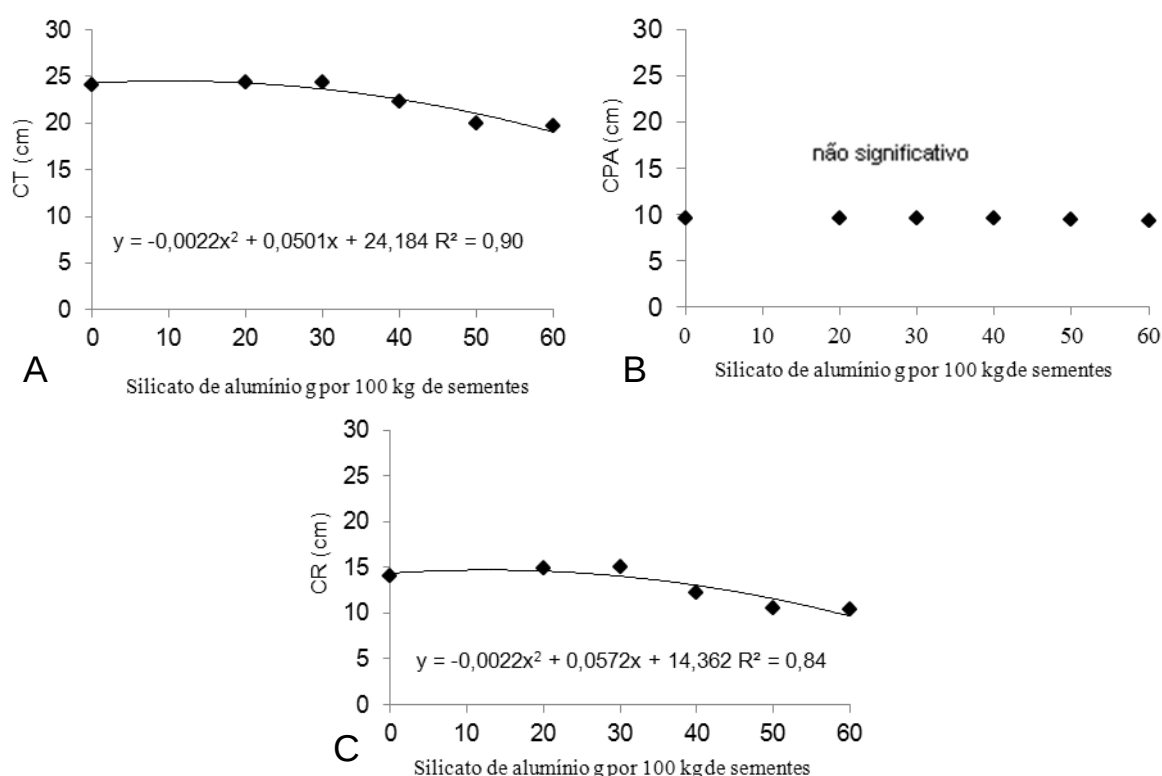


Figura 3 – Comprimento total (3A), comprimento de parte aérea (3B) e comprimento de raiz (3C) de plântulas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Na Figura 4, os dados do teste de emergência em campo de plântulas obtidas de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio não foram significativos em relação às doses estudadas.

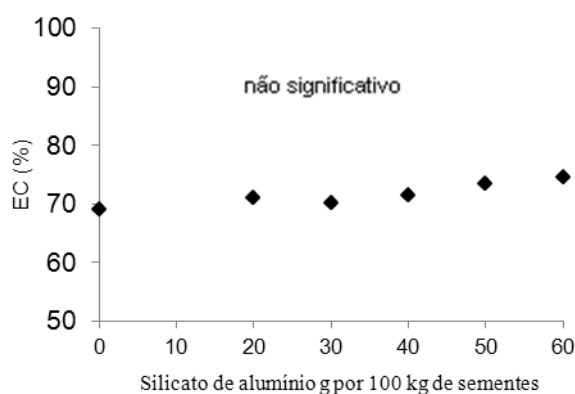


Figura 4 – Emergência de campo de plântulas originadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Os resultados obtidos indicam que o silício aplicado á semente não interfere no desempenho de sementes de trigo em condições de ambiente controlado. No entanto, em condições adversas, as doses de silício mostraram-se eficientes no teste de envelhecimento acelerado.

4.6. CONCLUSÃO

Doses crescentes de silicato de alumínio até 50g por 100 kg de sementes incrementaram o vigor de sementes avaliado pelo teste de primeira contagem de germinação

O silicato de alumínio aplicado via recobrimento das sementes aumenta o desempenho de sementes de trigo sob condições adversas, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado.

4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADATIA, M.H.; BESFORD, R.T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculation nutrient solution. **Annals of Botany**, London, v. 58, n. 3, p. 343-351, Sept. 1986.
- ALMEIDA, G.D.; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A.M.; VICENTINI, V.B. Fertilizante organomineral como indutor de resistência contra a colonização da mosca branca no feijoeiro. **IDESIA**, Arica, v. 26, n. 1, p. 29-32, 2008.
- BARBER, D.A.; SHONE M.G.T. The absorption of silica from aqueous solutions by plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 17, p. 569-578, 1966.
- BARROS, A.S.R.; DIAS, M.C.L.L.; CÍCERO, S.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de Frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **ABRATES**, cap.5, 1999.
- BAUDET, L. Procesos para agregar calidad a las semillas. In: XIX Seminario Panamericano de Semillas. **Anais...** Asunción, p.100-105, 2004.
- BAUDET, L.; PERES, W.B. Recobrimento de sementes. In: **Seed News**, Pelotas, RS. v. 4, n. 1, p. 20-23, 2004.
- BÉLANGER, R.R.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J.G. Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeriagraminisf. sptritici*). **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, n. 4, p. 402–412, 2003.
- BRASIL Decreto nº 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização e do comercio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e da outras providências. Normas jurídicas (texto integral) DEC004954, 14 de janeiro, 2004, 27p.
- 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, 2009. 395p.
- BINNECK, E., BARROS, A.C.S.A., VAHL, L.C. Peletização e aplicação de molibdênio em sementes de trevo-branco. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 21, n.2, p. 203-207, 1999.
- CARVALHO, N.M. e NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal, Funep, 2000. 588p.

- COMPANHIA Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março 2011.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>> Acesso em: 15 março 2011.
- CÔTÉ-BEAULIEU, C.; CHAIN, F.; MENZIES, J.G.; KINRADE, S.D.; BÉLANGER, R.R. Absorption of aqueous inorganic and organic silicon compounds by wheat and their effect on growth and powdery mildew control. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 65, p. 155–161, 2009.
- DATNOFF, L. E; SNYDER, G. H; KORNDÖRFER, G. H. Silicon in agriculture. Amsterdam: Elsevier science, 2001. v. 8, 424 p.
- DAYANANDAM, P., KAUFMAN, P. B., FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, Madison v. 70, p.1079-1084. 1983
- DELOUCHE, J.C. Metodologia de pesquisa em sementes: III. Vigor, envigoroamento e desempenho no campo. **Revista Brasileira de Semente**, Brasília v.3, p. 57-64, 1981.
- EPSTEIN, E. A anomalia de silício em biologia vegetal. **Proceedings of National Academy of United States of America**, Washington, v.91, n.1, p.11-17, 1994.
- EPSTEIN, E. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. **Palo Alto**, v.50, p. 641-664, 1999.
- FAWE, A.; MENZIES, J.G.; CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R.R. Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Ed.). Silicon in agriculture. Amsterdam: **Elsevier**, 2001. p. 159-170.
- FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R. Silício líquido solúvel. **Revista Campo e Negócio**, Uberlândia, n.44, 2004.
- JARVIS, S.C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. Plant and Soil. **Dordrecht**, v. 97, n. 3, p. 429-437, 1987.
- KIM, Y.Y.; YANG, Y.Y.; LEE, Y. Pb and Cd uptake in rice roots. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 116, n. 3, p. 368–372, 2002.
- KORNDÖRFER, G.A.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p.1-5, jun. 1995.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S.. Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (**Boletim Técnico**, 1).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU. 23p. (GPSi-ICIAG-UFU. **Boletim Técnico**, 01- 3ª. Edição).

LIMA FILHO, O.F. de Buscando maior sustentabilidade na agricultura com silicatos. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Silicatos/index.htm, Acesso em: 5 de abril de 2012.

MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: Silicon in Agriculture. Edited by DATNOFF, L. E., KORNDÖRFER, G. H., SNYDER, G. New York: **Elsevier science**. 2001. p.17-39.

MA, J. F. & TAKAHASHI, E. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Tokio, **Elsevier**, 2002. 274p.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema de análise estatística para Windows. Winstat. Versão 1.0.** UFPel, 2003.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição** mineral de plantas, Piracicaba, **Ceres**, v.1, 1980.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants.2.ed. London: **Academic**, 1995. 889p.

MATICHENKOV, V.V.; KOSOBROUKHOV, A.A.; SHABNOVA, N.I.; BOCHARNIKOVA, E.A. Plant response to silicon fertilizers under salt stress. **Agrokhimiya**, Rússia, v. 10, p. 59-63, 2005.

MORAES, S.R.G.; ALVES, E.; POZZA, A.A.A.; CARVALHO, J.G.; LIMA, P.H.; BOTELHO, A.O. Efeito de Fontes de Silício na Incidência e na Severidade da Antracnose do Feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 69-75, 2006.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: **Funep**, 1994, p.48-85.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **ABRATES**, 1999. Cap.2, p.9-13.

NUNES, J.C. Tratamento de semente - qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório. **Syngenta Proteção de Cultivos Ltda**. 2005. 16p.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de sílica nas folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* ST. Hil. **Revista Eletrônica Horizonte Científico**. Ver. Horizonte Científico, 2002. Disponível em: www.propp.ufu.br/revistaeletronica/B/OCORRENCIA.PDF. Acesso em: 10 de janeiro de 2010.

PESKE, F.B.; BAUDET, L.; PESKE, S.T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de sementes**, v. 31, n.1, p. 095-101, 2009.

QUEIROZ, A.A. Reação de fontes de silício em quatro solos do cerrado. 2003. 39f. Monografia (Graduação em agronomia)- **Instituto de Ciências Agrárias** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

RAFI, M. M.; EPSTEIN, E.; FALK, R. H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 151, p.497-501, 1997.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M.C.C.; Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2003.

SANTOS, F.C.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E.V.R.; GUIMARÃES, R.M.; VIEIRA, A.R. Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n.3, p. 069-078, 2010.

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Silicon management and sustainable rice production. Advances in Agronomy**, New York, v. 58, p. 151-199, 1997.

SCHUCH, L. O. B. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, vol.57, n.1, p.121-127, 2000.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: Science of the rice plant :**Physiology**. Tokio: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. v.2,p.420-433.

TOLEDO, M.Z.; GARCIA, R.A.; MERLINA, A; FERNANDES, D.M. Seed germination and seedling development of white oat affected by silicon and phosphorus fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.1, p. 18-23, 2011.

USDA - **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 04 fevereiro 2010.

WRIGLEY, C.W.; DU CROSS, D.L.; MOSS, H.J.; RANDALL, P.J.; KULLINGTON, J.G. & KASARDA, D.D. Effect of sulfur deficiency on wheat availability. In: SULFUR in Agriculture, Washington, **The Sulfur Institute**, 1984. p.2-7.

5. CAPITULO II

REFLEXOS DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE TRIGO COM SILICATO DE ALUMÍNIO NO RENDIMENTO E QUALIDADE FISIOLÓGICA.

5.1. RESUMO

REFLEXOS DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES DE TRIGO COM SILICATO DE ALUMÍNIO NO RENDIMENTO E QUALIDADE FISIOLÓGICA

O trigo é cultivado principalmente nos Estados da Região Sul sendo uma cultura amplamente difundida no mundo. É considerada alimento básico pelos inúmeros derivados obtidos pela sua industrialização, como pães, massas, biscoitos, entre outros. O silício é considerado um elemento benéfico, podendo elevar a produtividade de algumas plantas, principalmente gramíneas, por meio de uma nutrição equilibrada e fisiologicamente mais eficiente. Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a absorção, rendimento e a qualidade fisiológica de sementes de trigo proveniente de sementes recobertas com silicato de alumínio. O trabalho foi desenvolvido na safra agrícola 2011/2012, em casa-de-vegetação e no Laboratório Didático de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, Município de Capão do Leão – RS. A cultivar de trigo utilizado foi FUNDACEP HORIZONTE. Previamente à semeadura, as sementes foram recobertas com silicato de alumínio (CAULIM[®]) nas doses de 0, 20, 30, 40, 50 e 60 g por 100 kg de sementes mais polímero. Uma planta foi retirada aos 60 dias após a emergência para determinar a absorção de silício, e cinco plantas foram conduzidas até o final do ciclo da cultura para as avaliações do índice de clorofila, rendimento e qualidade fisiológica de sementes colhidas, com delineamento experimental de blocos casualizado com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e analisados por regressão polinomial. Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0. No laboratório as avaliações realizadas foram germinação, primeira contagem de germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado, comprimento total de plântulas, comprimento de parte aérea e comprimento de raiz. Com base nos resultados constatou-se que o silicato de alumínio influenciou negativamente na primeira contagem de germinação, onde no envelhecimento acelerado (41°C, 96 horas), o resultado foi positivo conforme o aumento das doses de silicato de alumínio em sementes de trigo.

Palavras – chave: *Triticum aestivum* L, desempenho fisiológico, silício.

5.2. ABSTRACT

REFLECTIONS OF COVERING SEED WHEAT WITH ALUMINUM SILICATE IN THE YIELD AND QUALITY PHYSIOLOGICAL

Wheat is grown mainly in the South Region to be a widespread culture in the world. It is considered a staple food for many derivatives obtained by its industrialization, such as breads, pasta, cookies, among others. Silicon is considered a beneficial element, and can increase the productivity of some plants, especially grasses, by means of a physiologically balanced nutrition and more efficient. Given this, the objective of this study was to evaluate the absorption, yield and seed quality of wheat from seeds coated with aluminum silicate. The study was conducted in the season 2011/2012 in-house vegetation and Didactic Laboratory of Seed Analysis, Department of Plant Science, Graduate Program in Science and Seed Technology, Faculty of Agronomy University of Eliseu Maciel Federal de Pelotas, City of Capon Lion - RS. The wheat cultivar was used FUNDACEP HORIZONTE. Prior to sowing, seeds were covered with aluminum silicate (KAOLIN ®) at doses of 0, 20, 30, 40, 50 and 60 g per 100 kg seed more polymer. A plant was removed at 60 days after emergence to determine the absorption of silicon, and five plants were conducted by the end of the cycle for the evaluation of chlorophyll content, yield and seed quality harvested with randomized complete block randomized design with four replications. The data were subjected to analysis of variance and analyzed by regression. For statistical analysis we used the Statistical Analysis System version 1.0 Winstat. In the laboratory evaluations were performed germination, first count of germination test, cold test, accelerated aging, seedling length, length of shoot and root length. Based on the results it was found that aluminum silicate negatively in the first count, where the accelerated aging (41 ° C, 96 h), the result was positive with increasing doses of aluminum silicate in wheat seeds.

Key-words: *Triticum aestivum* L, physiological performance, silicon.

5.3. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura amplamente difundida no mundo, sendo considerado alimento básico pelos inúmeros derivados obtidos pela sua industrialização, como pães, massas, biscoitos, entre outros. Esta espécie, de estação fria, com produção mundial superior a 640 milhões de toneladas por ano, apresenta a segunda maior produção de grãos em nível mundial (Cadore e Marcolin 2011). Cultivado principalmente nos estados da região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), sua área de abrangência, entretanto, atinge também os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal, São Paulo e Minas Gerais. Embora o cultivo irrigado seja importante nos estados das regiões centro oeste e sudeste, predomina o sistema de sequeiro em grande parte do país (SAES, 2011).

O silício, depois do oxigênio, é o elemento mais abundante da crosta terrestre. Mesmo não sendo considerado elemento essencial para o desenvolvimento das plantas, sua absorção pode trazer inúmeros benefícios, principalmente para culturas acumuladoras de silício, como o arroz (Mengel e Kirkby, 1987). Este elemento encontra-se no solo, principalmente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) (Raij e Camargo, 1973). Com uma concentração variando de 0,1 a 0,6 mM, sendo absorvido pelas plantas nessa forma em quantidades bastante variáveis. Valores entre 0,1% e 10% são os mais usuais, embora ocorram percentuais tanto menores como maiores (Epstein e Bloom, 2006).

O uso do silício representa uma tecnologia ambientalmente correta, sustentável, com grande potencial para diminuir a frequência e o uso de fungicidas e inseticidas (LIMA FILHO, 2010; SILVA et al, 2010). O silício, apesar de atuar como elemento de defesa na planta (Korndorfer e Datnoff, 1995; Pereira Junior et al., 2010), é considerado um micronutriente (Brasil, 2004), podendo elevar a produtividade de plantas, principalmente da família poaceae, por meio de nutrição equilibrada e fisiologicamente mais eficiente (Korndorfer e Datnoff, 1995), pois as plantas tendem a se apresentar vigorosas e resistentes às pragas e doenças (Lima Filho, 2010).

A importância da aplicação de silício para as plantas está relacionada principalmente ao aumento do crescimento e produção vegetal através de várias

ações indiretas, deixando as folhas mais eretas, com diminuição do auto-sombreamento; redução ao acamamento; maior rigidez estrutural dos tecidos; proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxicidez de ferro, manganês, alumínio e sódio (Epstein, 1994; Marschner, 1995). Ainda Korndörfer et al. (2004) destacam os silicatos de cálcio e magnésio, dentre as fontes de silício, constituídos basicamente de CaSiO_3 e MgSiO_3 . Entre os efeitos benéficos dos silicatos está a correção da acidez do solo, o fornecimento de cálcio e magnésio, além da disponibilização de silício para os vegetais.

Entre as poaceas, o arroz possui grande capacidade de absorção de silício pelas suas raízes, por translocação, acompanhando o fluxo de transpiração, acumulando-se na parte aérea. Deren et al. (1994) observam que ocorre uma resposta distinta na absorção de silício em diferentes genótipos de arroz. O silício é absorvido de forma ativa por proteínas de membrana sintetizadas a partir de gene específico (Ma e Takahashi, 2002); assim, a absorção e o transporte desse elemento na planta de arroz podem ocorrer durante toda a vida da planta, uma vez que não obedece a um gradiente de concentração.

O silício é essencial para a alta produtividade do arroz, mas o mecanismo molecular responsável pela sua absorção ainda é desconhecido. Ma et al. (2006) descrevem o gene 1 (*lsi1*) que controla a acumulação de silício em arroz, uma planta acumuladora desse elemento. Este gene está localizado sobre a membrana plasmática e a supressão desse gene resultou em redução da absorção de silício. Além disso, na expressão do gen *Lsi*, mostrou atividade de transporte de silício. A identificação de um transportador de silício fornece tanto uma visão sobre o sistema de captação nas plantas, e uma nova estratégia para a produção de culturas de elevada resistência e salienta a modificação genética da raiz da capacidade de absorção de silício.

A acumulação de sílica nos órgãos de transpiração, conforme Faria (2000) provoca a formação de uma dupla camada de sílica cuticular em arroz de sequeiro, a qual reduz a transpiração, de forma que a exigência de água pelas plantas seja menor. Okuda e Takahashi (1964) também observaram que o aumento da concentração de silício em solução nutritiva diminuiu a taxa de transpiração das plantas, que passou de 5,1 para 3,6 ml g^{-1} de peso fresco por 24 horas, nas soluções contendo silício em relação à testemunha, sem silício.

Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a absorção pela planta, rendimento e a qualidade fisiológica de sementes de trigo proveniente de sementes recobertas com silicato de alumínio.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na safra agrícola 2011/2012, em casa de vegetação e no Laboratório Didático de Análise de Sementes LDAS, Flávio Faria Rocha, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, município de Capão do Leão - RS.

Foram utilizadas sementes de trigo, da cultivar FUNDACEP HORIZONTE. Para isso usaram-se vasos com capacidade de 15 litros preenchidos com solo peneirado, coletado do horizonte A₁ de um Planossolo Háplico eutrófico solódico (Strecket al., 2008), pertencente à unidade de mapeamento Pelotas. A adubação foi realizada de acordo com Comissão de Fertilidade e Química do Solo – CFQS RS/SC, (2004), incorporando os nutrientes ao solo cinco dias antes da semeadura. A calagem foi realizada trinta dias antes da semeadura.

Previamente à semeadura, as sementes foram tratadas com silicato de alumínio (CAULIM[®]) nas doses de 0, 20, 30, 40, 50 e 60 g por 100 kg de sementes, a seguir foram recobertas com polímero da marca comercial Sepiret[®] na dose de 300 ml por 100 kg de sementes, totalizando um volume de calda de 1L por 100 kg de sementes.

A semeadura ocorreu dia 23 de junho de 2011. Em cada vaso, foram semeadas doze sementes, deixando-se, ao final, as seis plântulas mais vigorosas, realizando o desbaste aos 12 dias após a emergência. Aos 60 dias após a emergência foi retirada uma planta para a avaliação de absorção do silício, cinco plantas foram conduzidas até o final do ciclo da cultura para as avaliações do rendimento e qualidade fisiológica de sementes colhidas.

Aos 60 dias após a emergência foi colhida uma planta por unidade experimental de cada tratamento, No laboratório dividiu-se a planta em folha e colmo (as folhas foram separadas do colmo na inserção limbo-bainha), logo em seguida colocou-se em estufa a 60 °C, para secagem. Posteriormente foram trituradas para a

análise química seguindo o “procedimento de análise e determinação de silício no tecido vegetal”, conforme descrito por Elliott e Snyder. (1991).

No estágio de florescimento procedeu-se a análise de clorofila, sendo realizado na última folha mais recentemente madura (primeira abaixo da folha bandeira), determinado através de leituras do medidor indireto de clorofila SPAD (Soil Plant Analysis Development) com o modelo clorofiLOG CFL1030. A leitura média de cada tratamento foi resultante da observação de uma folha por unidade experimental, sendo quatro folhas por tratamento, realizando-se seis aferições por folha, duas em cada uma das extremidades e duas no centro de cada folha.

As espigas foram colhidas e trilhadas, avaliando-se os componentes do rendimento, sendo as variáveis: número de espigas por planta (NEP), número de sementes por planta (NSP), peso de sementes por planta (PSP), peso de mil sementes (PMS) e peso hectolítrico (PH). **Número de espigas por planta:** determinado através da contagem de espigas por plantas. **Número de grãos por Planta** determinado pela média de 5 espigas coletadas ao acaso em cada unidade experimental. **Peso de sementes por planta:** determinado pela média da massa de sementes de 5 espigas, coletadas ao acaso, sendo que a massa total foi dividida pelo número médio de sementes por espiga. **Peso de mil sementes (PMS):** determinado pela contagem ao acaso, de oito subamostras de 100 sementes, as quais foram pesadas, sendo os valores do peso de mil sementes expressos em gramas, com uma casa decimal, conforme Brasil (2009). **Peso hectolítrico** determinado pela massa referente ao volume de 100 litros de grãos, determinado em balança específica.

No Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS), foram conduzidos os testes de primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), comprimento total de plântulas (CT), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR).

O **teste de germinação** foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por repetição de cada tratamento, semeando-se em rolos de papel do tipo *germitest* umedecidos, previamente, com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados no germinador a temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, e a avaliação realizada aos oito dias após a semeadura (Brasil, 2009).

A **primeira contagem da germinação** foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as porcentagens médias de plântulas normais,

após quatro dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

O **teste de frio** foi executado conforme Barros et al. (1999). Distribuíram-se uniformemente, quatro repetições de 50 sementes em papel do tipo germitest, previamente umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, os rolos foram colocados em sacos plásticos fechados, permanecendo por sete dias em refrigerador a 10 °C. Após, os rolos foram colocados no germinador a temperatura de 20 ± 2 °C e a contagem realizada quatro dias após.

O teste de **envelhecimento acelerado** foi realizado em caixa plástica do tipo “gerbox” com tela metálica. Adicionaram-se 40 mL de água destilada ao fundo de cada caixa e sobre a tela foram distribuídas uniformemente em uma única camada, as sementes de cada tratamento com quatro repetições. Em seguida, as caixas, contendo as sementes, foram tampadas e acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 41 °C, onde permaneceram por 72 e 96 horas. Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e a avaliação realizada no quarto dia.

Comprimento total (CT), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR): realizado aos quatro dias após a montagem do teste de germinação, sendo as plântulas escolhidas aleatoriamente (dez plântulas), obtidas a partir da semeadura de quatro repetições de 20 sementes, no terço superior da folha de papel do tipo “germitest” umedecidas com 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos foram postos em germinador a 20 ± 2 °C, conforme descrito por Nakagawa (1999). Determinaram-se o comprimento total e da parte aérea das plântulas, com auxílio de régua graduada em milímetros, sendo o comprimento da raiz determinado pela diferença entre o comprimento total e o comprimento da parte aérea. Os comprimentos médios total de plântula, parte aérea e raiz, foram obtidos somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais, sendo os resultados expressos em centímetros.

Para avaliação da qualidade fisiológica utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e analisados por regressão polinomial. Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0 (Machado e Conceição, 2003). Os dados

expressos em porcentagem foram transformados previamente em arco seno da raiz quadrada de $x/100$.

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados do teor de silício absorvido pela planta de trigo recoberta com silicato de alumínio encontram-se na (Figura 1A). O acúmulo de silício na folha apresenta tendência crescente até a dose de 31g por 100 kg de semente, mostrando que nas doses superiores a absorção foi menor. O silício está naturalmente presente em altas concentrações nas folhas de certos cultivos. Segundo Korndörfer e Datnoff (1995), em cana-de-açúcar, por exemplo, as concentrações podem variar desde 0,14% em folhas jovens até 6,7% em folhas velhas. Quanto ao acúmulo de silício no colmo (Figura 1B) a resposta foi crescente com tendência linear até a dose de 60g por 100 kg de semente. Ramos (2005), estudando a absorção de silício em arroz irrigado, verificou que a absorção na planta inteira (colmo + folha) aumentou conforme o aumento dos teores de silício na parte aérea (talo + folha). Também foram encontrados resultados positivos no sorgo e na soja por Braga et al. (2004) e Pereira et al. (2010), respectivamente.

Na planta, o silício concentra-se nos tecidos de suporte, do caule e folhas, podendo ser encontrado em pequenas quantidades nas sementes. Em geral, o conteúdo médio de silício das raízes é menor se comparado com o caule e folhas. Em alguns casos, como por exemplo, a soja, o teor de silício na raiz é maior do que nas folhas (Oliveira e Castro, 2002).

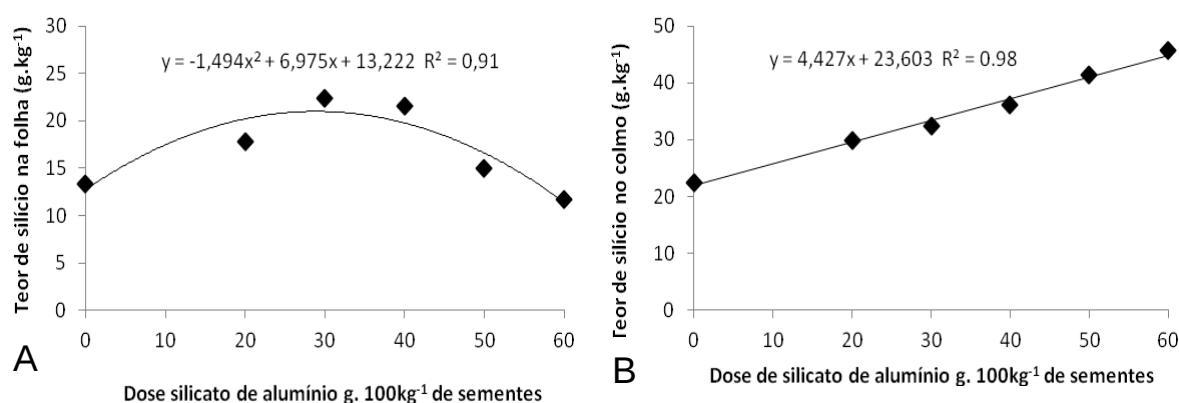


Figura 1 – Determinação do teor de silício na folha (1A); no colmo (1B) de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Índice de clorofila total e de clorofilas “A” e “B” (Figura 2) determinadas pela leitura do “clorofiLOG CFL ^C 0” não foram significativas em relação ao aumento das doses de silicato de alumínio. Da mesma forma Argenta et al. (2001) não detectaram diferenças significativas nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho (seis a sete folhas).

O nitrogênio participa da constituição da molécula de clorofila e segundo Malavolta et al. (1997), a avaliação da necessidade de nitrogênio pela planta pode ser determinada pela mensuração indireta do teor de clorofila. Essas avaliações realizadas por meio de leituras pelo medidor portátil de clorofila correspondem ao Índice de clorofila presente na folha da planta. Para Shadchina e Dmitrieva (1995), a determinação do conteúdo de clorofila em folhas de trigo representa um parâmetro apropriado para a avaliação da aquisição de nitrogênio pelas plantas e, além disso, pode fornecer diagnóstico confiável das condições nutricionais das plantas. Fundamenta-se na hipótese de que o silício melhora a arquitetura da planta favorecendo um maior e melhor aproveitamento da luz, levando a um aumento na taxa fotossintética. Uma vez que o metabolismo do nitrogênio está coordenado com a fotossíntese ou com alguns produtos da fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2004).

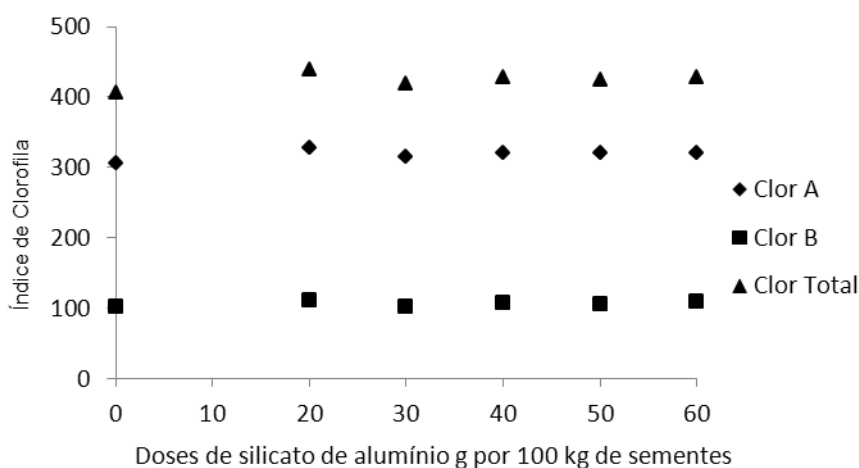


Figura 2 – Determinação do índice de clorofila através de leituras do medidor indireto de clorofila do modelo clorofiLOG CFL1030 de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Na Figura 3, encontram-se os dados do número de espigas por planta, sendo que a resposta não foi significativa em relação as doses aplicadas de silicato de alumínio, concordando com os dados obtidos por Ramos (2005) ao aplicar silício em arroz irrigado.

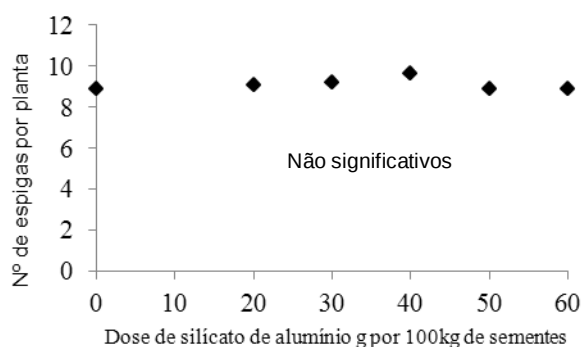


Figura 3 – Número de espigas por planta, produzido a partir de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Para o número de sementes por planta e peso de sementes por planta (Figura 4) a resposta foi significativa, evidenciando uma tendência crescente até a dose de 34 g por 100 kg de semente e um declínio para as maiores doses, sendo que o comportamento das variáveis estão de acordo com os resultados da absorção de

silício na folha, pois a curva teve a mesma tendência, podendo explicar assim o comportamento das maiores doses, onde observou-se um declínio na absorção e na produção de sementes.

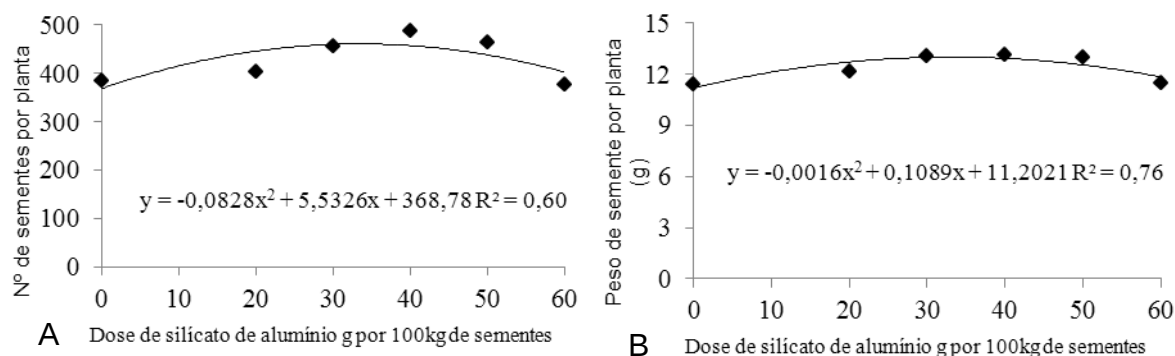


Figura 4 – Número de sementes por planta (4A) e peso de sementes por planta (4B) de trigo produzido a partir de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio.

O peso de mil sementes (Figura 5A) não obteve efeito significativo em relação às doses aplicadas de silicato de alumínio. Todavia o peso hectolítrico (Figura 5B) a resposta evidenciou tendência linear crescente significativa conforme o aumento das doses. O peso hectolítrico (PH) é um índice referente ao rendimento, assim, será mais elevado quanto maior for o valor obtido. O fato de um tratamento apresentar maior valor de peso hectolítrico não assegura que seja de melhor qualidade. Assim, Guarienti (1996) explicou que essa relação somente será significativa ao comparar tratamentos com valores de PH diferenciados, pois muitos fatores são causas de erros na determinação desse índice, como por exemplo, os espaços vazios entre as sementes, o teor de água o tipo e a quantidade de impurezas presentes na amostra.

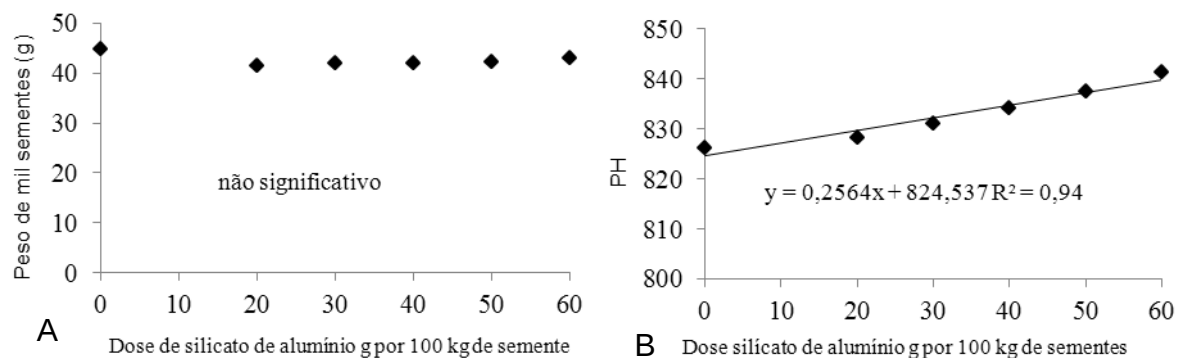


Figura 5 – Peso de 1000 sementes e peso hectolítrico de trigo produzido a partir de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Na Figuras 6A, encontram-se os dados do teste de primeira contagem de germinação e germinação de sementes de trigo produzidas a partir do recobrimento com silicato de alumínio. A análise dos dados mostrou que para a primeira contagem de germinação houve uma resposta significativa sendo a dose 60 g por 100 Kg de semente a que obteve o menor percentual. Já para a germinação (Figura 6B) não houve efeito significativo das doses de silicato de alumínio empregadas no recobrimento das sementes. discordando de Harter e Barros (2011) que estudando a influência de doses de silício em soja obtiveram maior germinação e vigor. Porém resultados semelhantes foram encontrados por Toledo et al. (2011), estudando a qualidade fisiológica de aveia branca tratadas com adubação de silício e fósforo.

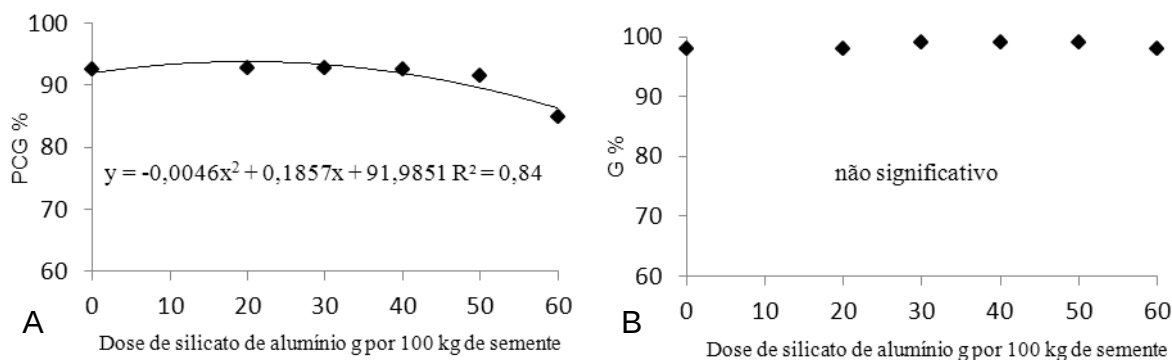


Figura 6 – Primeira contagem de germinação (6A) e germinação (6B) de sementes de trigo produzidas a partir de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Na Figura 7, encontram-se os dados do teste de frio para as sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio cuja resposta não foi significativa, semelhantemente ao verificado no teste de germinação. De acordo com Rafi et al. (1997) a presença de silício pode resultar em aumento da capacidade biológica das sementes e plântulas em resistir às condições adversas do meio ambiente.

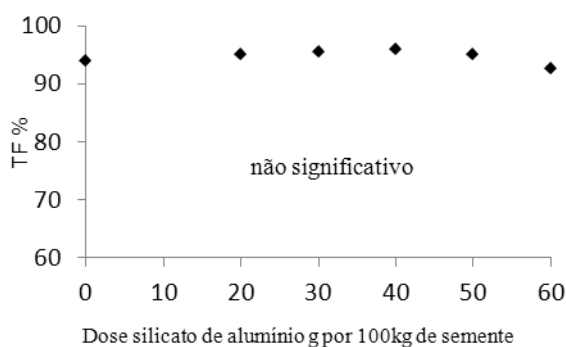


Figura 7 – Teste de frio (TF) para as sementes de trigo produzidas a partir de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

Para a análise do teste de envelhecimento acelerado 72 horas (Figura 3A) a resposta não se mostrou significativa em relação às doses de silicato de alumínio, o estresse não foi suficiente para diferenciar as respostas significativamente, talvez

este fato possa ter ocorrido devido á alta qualidade das sementes produzidas. Já o teste de envelhecimento acelerado com 96 horas (Figura 3B) apresentou resposta significativa com tendência linear crescente, mostrando que as sementes ao serem expostas a um estresse mais severo, a presença do silício proporcionou maior desempenho em resistir a condições adversas conforme o aumento das doses até a de 60 g por 100 kg de sementes.

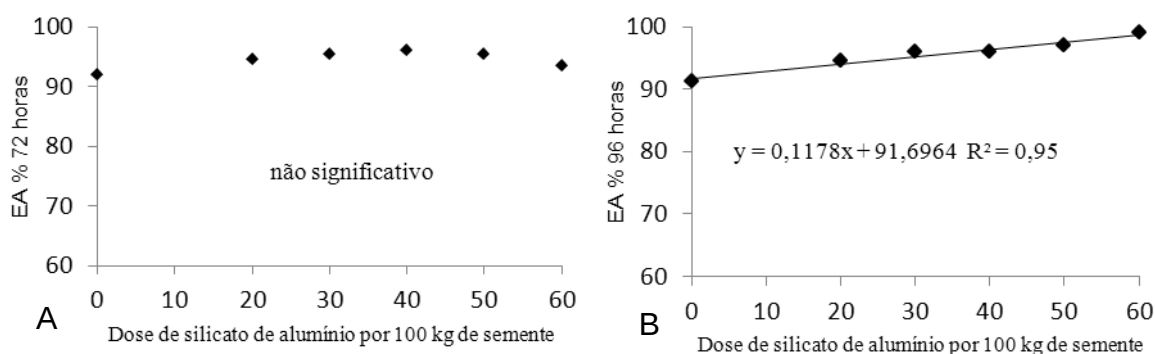


Figura 8 – Envelhecimento acelerado 72 horas (8A) e Envelhecimento acelerado 96 horas (8B) para as sementes de trigo produzidas a partir de plantas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

De acordo com os resultados obtidos (Figura 9), constatou-se que não houve efeito significativo para as variáveis, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz e comprimento total, em relação às doses de silicato de alumínio. Estudando a qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca em função da adubação com silício e fósforo, Toledo et al (2011), identificaram decréscimo linear no comprimento de parte aérea até a dose de 150 mg dm^{-3} .

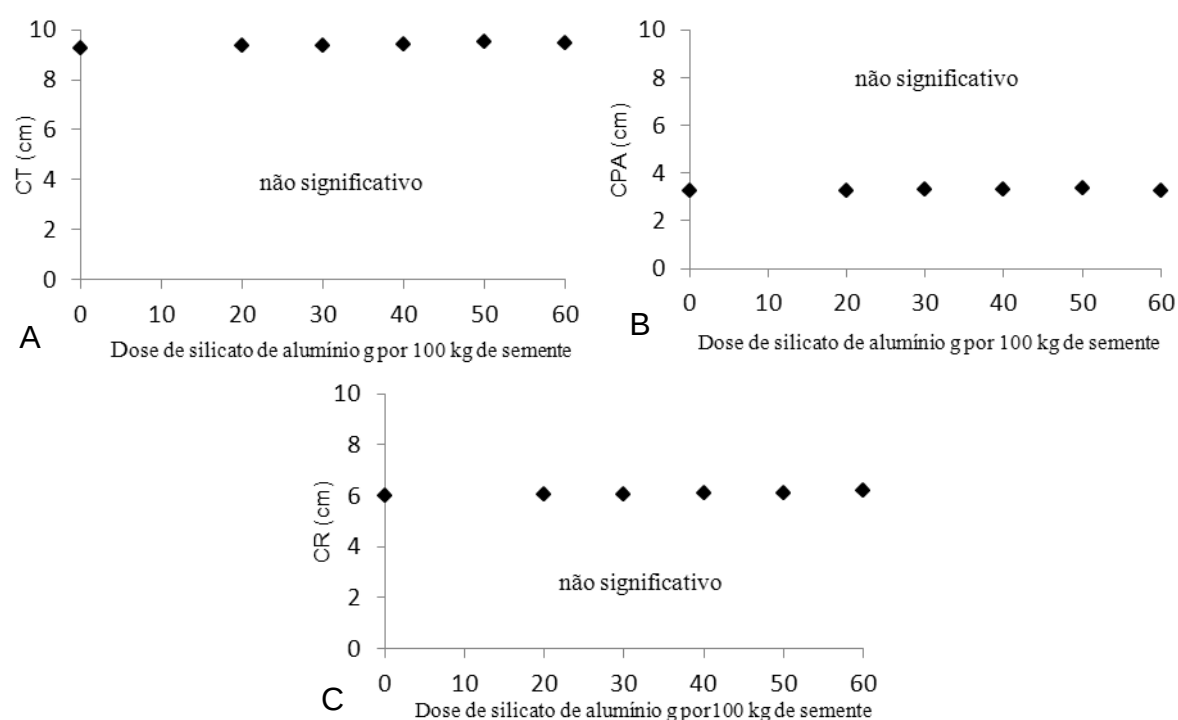


Figura 9 – Comprimento total (9A), comprimento de parte aérea (9B) e comprimento de raiz (9C) de plântulas formadas de sementes de trigo em função das doses empregadas no recobrimento com silicato de alumínio. Pelotas, RS, Brasil, 2012.

A partir dos resultados obtidos pode-se notar que a resposta do silício não se expressa em condições de ambiente controlado. O desempenho das semente produzidas a partir do recobrimento de sementes com silicato de alumínio não sofre influência deste elemento benéfico. Entretanto fica evidenciado que em situações de estresse severo, a ação do silício pode exercer influência sobre o desempenho das sementes.

5.6. CONCLUSÃO

O acúmulo de silício na planta de trigo, produzidas a partir de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio, é incrementado conforme a elevação da dose aplicada.

As doses de silicato de alumínio até 60 g por 100 kg de sementes não influenciam o índice de clorofila de plantas de trigo na fase do florescimento.

Sementes de trigo proveniente de plantas obtidas a partir de sementes recobertas com silicato de alumínio evidenciam melhor desempenho ao serem expostas a condições adversas.

5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** [online]. 2001, v.13, n.2, p. 158-167.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v 24, n.1, p 1-15, 1949.

BARROS, A.S.R.; DIAS, M.C.L.L.; CÍCERO, S.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de Frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.5, 1999.

BRAGA, A. M. C. **Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo**. 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

BRASIL Decreto nº 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização e do comercio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e da outras providências. Normas jurídicas (texto integral) DEC004954, 14 de janeiro, 2004, 27p.

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, 2009. 395p.

CADORE, P.; MARCOLIN, L. Sementes de trigo. **Seed News**, Pelotas, v 15. n. 4, p. 14-16, 2011.

KORNDÖRFER, G.A.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p.1-5,. 1995.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

CONSULTORIA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA Ltda - **SAES**: cultura do trigo. Acesso em 21 de agosto de 2011. Online. Disponível em:

<http://www.saesconsultoria.com.br/wordpress/?p=433>

DANNON, E. A.; WYDRA, K. Interaction between silicon amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstoniasolanacearum* in tomato genotypes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.64, p.233-243, 2004.

DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; JONES, D.B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Plant Disease**, Saint Paul, v.75, n.7, p.729-732, 1991.

DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; MARTIN, F.G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. **Crop Science**, New York, v.34, p.733-737, 1994.

ELLIOTT, C.L.; SNYDER, G.H. Autoclave: induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.39, p.1118-1119, 1991.

EPSTEIN, E. A anomalia de silício em biologia vegetal. **Proceedings of National Academy of United States of America**, Washington, v.91, n.1, p.11-17, 1994.

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

FAWE, A.; MENZIES, J.G.; CHERIF, M.; BÉLANGER, R.R.; Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. (Eds.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001.

FARIA, R.G. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 47f. Dissertação (Mestrado em solos) Lavras, Universidade Federal de Lavras. 2000.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D.; GOUSSAIN, M.M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.6, p.547-551, 2005.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.C.; NOGUEIRA, N.L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico de lagarta-do-

cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, p.305-310, 2002.

GUARIENTI, E. Qualidade industrial de trigo. 2.ed Passo fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996.36p.

HARTER, F.S.; BARROS, A. C. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n 1 p. 54 - 60, 2011.

KORNDÖRFER, G.A.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p.1-5, jun. 1995.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA. H.S.; NOLLA. A. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: UFU, 2004. 50 p. (Boletim técnico, v.2).

LIMA, F. et. al. O silício e a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos. Disponível em: www.cpao.embrapa.br. acesso em março de 2012.

MA, J. F. & TAKAHASHI, E. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Tokio, **Elsevier**, 2002. 274p.

MA, J. F., TAMAI, K., YAMAJI, N., MITANI, N., KONISHI, S., KATSUHARA, M., ISHIGURO M., YOSHIKO, M., YANO, M., A silicon transporter in rice. **Nature**, New York v.440, p.688-691, 2006.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema de análise estatística para Windows. Winstat. Versão 1.0**. UFPel, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1988. 889p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic, 1995. 889p.

MENGEL, K.E. & KIRKBY, G.A. Further elements of importance. In: PRINCIPLES of plant. 4.ed. Worblaufen- Bern, **International Potash Institute**, 1987. p.573-588

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **ABRATES**, 1999. Cap.2, p.9-13.

OKUDA, A.; TAKAHASHI, E. The role of silicon: In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Baltimore, 1964. The mineral nutrition of the rice plant. Baltimore: John Hopkins Press, 1964. p.123-146.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de sílica nas folhas de *Curatella americana* L. e de *Davilla elliptica* ST. Hil. Ver. **Horizonte Científico**, 2002. Disponível em: www.propp.ufu.br/revistaeletrônica/B/OCORRENCIA.PDF. Acesso em: 10 de janeiro de 2010.

PEREIRA, H. S.; KONDÖRFER, G. H.; VIDAL, A. A.; CAMARGO, M. S. Fontes de silício para a cultura do arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba v. 16, n. 5, p. 522-528, 2004.

PEREIRA JUNIOR, P.; REZENDE, P.M.; MALFITANO, S.C.; LIMA, R.K.; CORRÊA, L.V.T.; CARVALHO, E.R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycinemax* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.4, p.908-913., 2010.

RAFI, M. M.; EPSTEIN, E.; FALK, R. H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 151, p.497-501, 1997.

RAIJ, B. van. & CAMARGO, O.A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v 32, p 223-31, 1973.

RAMOS, L. A. **Reatividade de fontes de silício e sua eficiência na absorção e acumulação na cultura do arroz irrigado**. 2005. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

SHADCHINA, T.M.; DMITRIEVA, V.V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1427-1437, 1995.

SILVA, V.F.da; MORAES, J.C.; MELO, B.A. Influence of silicon on the development, productivity and infestation by insect pests in potato crops. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.6, p.1465-1469., 2010.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 107p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2004. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED. 719p.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: Science of the rice plant : **physiology**. Tokio: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. v.2,p.420-433.

TOLEDO, M.Z.; GARCIA, R.A.; MERLINA, A; FERNANDES, D.M. Seed germination and seedling development of white oat affected by silicon and phosphorus fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.1, p. 18-23, 2011.

YOSHIDA, A.S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Histochemistry of silicon in rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.8, p.107-111, 1962.