

Qualidade de sementes de milho produzidas com diferentes doses de cálcio e boro

Maicon Javorski¹ Luanna; Karoline Rinaldi²; Diandra Javorski³; Ana Paula Mourão Simonetti⁴; Gláucia Cristina Moreira⁵

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) tem expressiva importância no cenário agrícola mundial, dada à extensão de áreas cultivadas e a sua produção. Sua importância e seu crescente consumo no mundo têm levado as instituições de pesquisa à busca cada vez maior por novas tecnologias que possam aumentar a produção de sementes de alta qualidade. O boro (B) tem papel especial na fecundação das plantas, germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico. O cálcio (Ca) é absorvido antes do florescimento até a fase final e sua importância está na elongação e divisão celular. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da aplicação foliar no estádio fenológico (V6), com diferentes combinações de doses de cálcio e boro em $L\text{ha}^{-1}$ T1 (0;0); T2 (1,0;0,75); T3 (2,0; 1,5); T4 (2,5;2,25); T5 (3,0;3,0) sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho produzidas. Foram utilizadas sementes do híbrido 384 Hx produzidas em campo experimental da Faculdade Assis Gurgacz de Cascavel, PR. As sementes foram analisadas nos laboratórios (USP/ESALQ) Piracicaba, SP. Avaliou-se o teor de água, germinação, envelhecimento acelerado, teste de frio em solo, condutividade elétrica, índice de velocidade de emergência, emergência de plântulas, teste de raios X e ("Seed Vigor Image System" – SVIS[®]) desenvolvido pela *Ohio State University* (EUA). Nas condições experimentais realizadas recomenda-se utilizar a dose 4,75 $L\text{ha}^{-1}$ para produção de sementes com maior potencial fisiológico.

Palavras-chave: *Zea mays* L., adubação, potencial fisiológico.

Quality of corn seed produced with different doses of calcium and boron

Abstract: Maize (*Zea mays* L.) has significant importance in the global agricultural scenario, given the extension of cultivated areas and their production. Its importance and its growing consumption in the world have led to research institutions increasing by new technologies that can increase the production of high quality seed search. Boron has a special role in the fertilization of plants, the pollen germination and pollen tube growth. Calcium is absorbed before flowering until the final phase and is its importance in cell division and elongation. Thus, the aim of this study was to evaluate the influence of foliar application at the phenological stage (V6), with different combinations of calcium and boron in $L\text{ha}^{-1}$ T1 (0, 0); T2 (1.0, 0.75); T3 (2.0, 1.5); T4 (2.5, 2.25); T5 (3.0, 3.0) on the physiological quality of maize seed produced. Hx 384 hybrid seeds produced in the experimental field of the Faculdade Assis Gurgacz of Cascavel, PR were used. The seeds were analyzed in laboratories (USP / ESALQ) Piracicaba, SP. We evaluated the water content, germination, accelerated aging, cold, electrical conductivity, speed of emergence, seedling emergence, X-ray test and ("Seed Vigor Image System" - SVIS[®]) developed by Ohio State University (USA). In the experimental conditions used it is recommended to use the dose 4.75 $L\text{ha}^{-1}$ for seed production with greater physiological potential.

¹Acadêmico do curso de Agronomia (FAG). Cascavel – PR. maiconjavorski@hotmail.com

²Engenheira Agrônoma. Doutorando em Engenharia Agrícola (UNIOESTE). Coordenadora do Curso de Agronomia da Faculdade Assis Gurgacz – PR. anamourao@fag.edu.br

³Engenheira Agrônoma. Doutora Agronomia (UNESP). Prof^a do curso de Tecnologia de Alimentos Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Medianeira. gc_moreira@hotmail.com

Keywords: *Zea mays* L., application, quality.

Introdução

No Brasil são cultivados praticamente 16 milhões de hectares de milho (*Zea mays*) dos quais, os 90% são com materiais híbridos, gerando um negócio estimado em três bilhões de reais por ano, com a venda de 13,5 milhões de sacas com 60.000 sementes (PESKE, 2014).

Existem poucos trabalhos em que se procura relacionar a adubação e a nutrição das plantas produtoras de sementes com a produção e a qualidade fisiológica das sementes, e os resultados nem sempre são concordantes (Carvalho e Nakagawa, 2000).

Adubação tem grande importância na produção, com destaque para o boro, que atua no processo de fertilização do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico (Leite et al., 2011). Sua deficiência leva a abortamento floral e má formação das sementes. Contudo, o boro é o micronutriente que possui o mais estreito limite entre deficiência e toxidez (Malavolta et al., 1997), e portanto qualquer negligência nas dosagens utilizadas pode comprometer seriamente a produção.

O cálcio é absorvido desde antes do florescimento até a sua fase final e sua importância está na elongação e divisão celular. O crescimento do grão de pólen, sua germinação e o crescimento do tubo polínico igualmente o requerem (Possan, 2010).

Segundo Malavolta et al. (1997), o cálcio é essencial para manter a integridade estrutural de membranas e das paredes celulares das plantas, quando há deficiência a compartimentação é rompida e a ligação do cálcio com a pectina da parede é afetada. O pectato da lamela média atua como cimento entre uma célula e outra.

De modo geral, a adubação pode influenciar positivamente na produção de sementes, sendo, geralmente, explicado em razão do melhor desenvolvimento vegetativo das plantas proporcionado pela adubação. No entanto, as relações com o potencial fisiológico das sementes não têm sido evidenciadas consistentemente pela pesquisa (Marcos filho, 2005).

O vigor de sementes é o reflexo de um conjunto de características que determinam o seu potencial fisiológico, ou seja, a capacidade de apresentar desempenho adequado quando expostos a condições diferentes de ambiente no campo (Marcos filho, 1999).

Testes de vigor têm sido utilizados, principalmente, para identificar diferenças no desempenho de lotes de sementes, que podem se manifestar durante o armazenamento ou após a semeadura, procurando destacar lotes com maior eficiência para o estabelecimento do estande sob ampla faixa de condições ambientais (Marcos filho et al., 2009).

No esforço para se determinar as respostas para as principais dúvidas referentes ao desempenho das sementes, passaram a ser atribuídas exclusivamente ao “alto” ou ao “baixo vigor”. Assim, o vigor tornou-se a principal justificativa para o sucesso ou o fracasso do estabelecimento do estande em campo (Krzyszowski et al., 1999).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de cálcio e boro, sobre o potencial fisiológico de sementes de milho produzidas.

Material e Métodos

Os tratamentos em campo foram constituídos pela aplicação de cálcio e boro via foliar, somando cinco tratamentos: T1-Testemunha (sem aplicação de Ca e B); T2-dose 50% menor que a recomendada comercialmente; T3-dose recomendada comercialmente ($Ca = 1,5\text{ L ha}^{-1}$ $B = 2\text{ L ha}^{-1}$); T4- dose 50% maior que a recomendada comercialmente e; T5- dose 100% maior que a recomendada comercialmente. As aplicações foram realizadas aos 45 DAE, correspondente ao estádio V6 (6 folhas desenvolvidas), constituída da misturadas fontes de cálcio e boro, com apoio de uma bomba costal com o bico tipo leque.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições totalizando 20 parcelas, com 5 metros de comprimento e 4,5 metros de largura cada.

A colheita e debulha foi realizada de forma manual em Março de 2013, seguindo para a secagem ao sol e os testes realizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram feitos seis meses após a colheita.

A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Análise de Semente e de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. O experimento foi conduzido com sementes de milho do híbrido 384HX provenientes de cinco lotes distintos.

Teste de raios X: o teste será realizado com quatro repetições de 25 sementes, provenientes de cada um dos lotes; as sementes serão posicionadas em fita adesiva dupla face transparente, coladas sobre lâmina de acetato (210 mm x 297 mm), e numeradas de acordo com a posição ocupada na lâmina, para sua identificação no momento da instalação do teste de germinação. Para a obtenção da radiografia, a lâmina de acetato com as sementes já fixadas será colocada no interior de um equipamento digital “FAXITRON X-Ray”, modelo MX-20 DC-12. As imagens radiografadas serão salvas em pasta específica do disco rígido em um computador Pentium IV, com CPU de 2,0 GHz, 768 MB RAM e HD de 40 Gb, operado por sistema Windows XP Profissional. Após a radiografia, as sementes (em grupos de 25),

previamente numeradas (identificadas), serão colocadas para germinar em papel toalha, sendo distribuídas em duas fileiras no terço superior do substrato para permitir o desenvolvimento das plântulas de maneira individualizada. Após permanência de quatro dias em germinador a 25° C, as plântulas (normais e anormais) e as sementes não germinadas constatadas no teste serão fotografadas por meio de uma câmara digital "Nikon", modelo D1, acoplada ao computador, e disponibilizadas juntamente com as imagens de raios X, para serem examinadas simultaneamente e, assim, permitir relacionar a morfologia interna da semente (danos mecânicos, danos por insetos e tecidos deteriorados) com os possíveis prejuízos causados à germinação. Os resultados serão analisados de forma comparativa, procurando-se relacionar os danos detectados na análise de imagens (sementes individuais) com as possíveis anormalidades das plântulas ou sementes não germinadas (Gomes Junior e Cicero, 2012).

Avaliação do vigor de sementes por meio do software SVIS®: foi realizado mediante a análise computadorizada de imagens de plântulas (“Seed Vigor Imaging System” - SVIS®). A metodologia do teste seguiu o procedimento usado por Marcos Filho et al. (2009). As plântulas foram obtidas de quatro repetições de 25 sementes para cada amostra, colocadas para germinar em duas fileiras situadas no terço superior da superfície do papel toalha, a 25° C, durante três dias. Em seguida, as imagens foram captadas em scanner HP Scanjet 2004, instalado de maneira invertida no interior de uma caixa de alumínio com 60 cm x 50 cm x 12 cm e operado por software Photosmart, com resolução de 100 dpi. As plântulas de cada repetição foram transferidas do papel toalha para uma folha de cartolina de coloração preta com 30 cm x 22 cm (correspondente ao tamanho da área útil do scanner), e colocada sobre a plataforma interna da caixa metálica. As imagens escaneadas foram salvas em computador, em pasta específica de um disco rígido e, em seguida, analisadas pelo software “Seed Vigor Imaging System” (SVIS®) instalado em computador Pentium IV, com CPU de 2,0 GHz, 768 MB RAM e HD de 40 Gb, operado por sistema Windows XP Profissional. Ao serem processadas as imagens de cada plântula, o software gera automaticamente valores numéricos referentes ao comprimento e aos índices de vigor (IV), de crescimento (IC) e de uniformidade de crescimento (IU), além de comprimento de plântulas. Os índices de vigor, de crescimento e de uniformidade de crescimento podem variar de um valor mínimo de zero a um máximo de 1000 (Hoffmaster et al., 2005; Marcos filho et al., 2006). Nessa análise, a raiz primária e o coleóptilo de cada plântula não marcadas em vermelho e, na maioria das vezes, o eixo (raiz primaria-coleóptilo) é indicado corretamente; porém, em algumas plântulas há necessidade de efetuar correções manuais de erros (com auxílio do "mouse"), como a complementação de uma parte de plântulas marcadas parcialmente e a exclusão de plântulas com anormalidades. O

ajuste prévio do comprimento de plântulas e da proporção crescimento e uniformidade para composição do cálculo do índice de vigor é feito por meio da ferramenta ProgramParameters; nessa pesquisa os dados foram obtidos considerando três polegadas como o máximo tamanho de plântulas a ser alcançado com três dias de idade.

Teor de água: determinado em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, utilizando-se duas repetições para cada lote, segundo as recomendações da RAS (Brasil 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

Germinação: foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por lote, em rolo de papel “Germitest”, umedecido com quantidade equivalente de água a 2,5 vezes o peso do substrato, em germinador a 25°C . As contagens foram realizadas aos quatro (primeira contagem) e sete dias (contagem final), computando-se a porcentagem de plântulas normais, segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Envelhecimento acelerado: utilizou-se caixa plástica do tipo “gerbox” com tela metálica cujo interior, abaixo da tela, foi adicionado 40ml de água destilada para formar uma câmara úmida. Cada “gerbox” foi considerado um compartimento individual, onde acondicionou-se uma amostra de 40g das sementes de cada variedade de milho, de modo a formar uma camada uniforme, tomando toda a superfície da tela metálica, deixando as sementes à distância de aproximadamente 2 cm do nível superior da lâmina de água. Posteriormente a este procedimento, todas as caixas foram fechadas, permanecendo em uma B.O.D., regulada para manter constante a temperatura de 42°C , durante um período de envelhecimento de 96 horas. Vencido este período, as sementes foram submetidas ao teste padrão de germinação, conforme descrito anteriormente, e a avaliação realizada ao final do quarto dia após a semeadura, computando-se as plântulas consideradas normais (Marcos filho, 1999b).

Teste de frio com terra: conduzido com quatro repetições de 50 sementes por amostra, em caixas de plástico (26 x 16 x 9cm), contendo como substrato a mistura de 2/3 de areia e 1/3 de terra provenientes de área anteriormente cultivada com milho. A adição de água foi feita até que se atingisse 60% da capacidade de retenção do substrato. Após a semeadura e cobertura com substrato, as caixas foram tampadas e mantidas por sete dias em câmara fria (10°C). Após este período, foram retiradas, destampadas e transferidas para as condições de laboratório, onde permaneceram por cinco dias a 25°C , quando se realizou a contagem de plântulas normais emersas, cujos resultados foram expressos em porcentagem. Para a realização deste teste, foram seguidas recomendações contidas em (Cicero e Vieira, 1994; Barroset al., 1999 e AOSA, 2002.)

Emergência e velocidade de emergência de plântulas: foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de cada amostra, distribuídas na superfície de uma camada de 5 cm

de areia colocada em caixas de plástico (32 cm x 28 cm x 10 cm). Após a semeadura, a cobertura foi efetuada com uma camada de 2 cm de areia. O umedecimento do substrato foi efetuado com quantidade de água correspondente a 60% da capacidade de retenção e, as caixas, mantidas em casa de vegetação. Realizaram-se avaliações diárias, registrando o número de plântulas emergidas para cada tratamento até a estabilização por três dias seguidos, quando foi determinada a percentagem média de emergência de plântulas para cada lote e cultivar. Para obtenção da velocidade de emergência de plântulas, calculou-se o índice de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Condutividade elétrica:realizado pelo sistema massal, segundo metodologia proposta pela AOSA (1983), com quatro subamostras de 50 sementes, que foram pesadas com precisão (0,001 g), a seguir, colocadas em recipiente contendo 75 mL de água destilada, permanecendo em incubadora tipo B.O.D. a 25°C, por 24 horas. Após esse período, realizou-se a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, em condutivímetro da marca DIGIMED®, modelo DM-31. O resultado da leitura foi dividido pelo peso (g) da respectiva amostra, sendo os resultados expressos em $\mu\text{Ss}/\text{cm/g}$ de semente.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizados com cinco lotes e quatro repetições; os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de SNK (Student – Neuman – Keuls).

Resultados e Discussões

Analizando a tabela 1, observa-se que nos testes de vigor o tratamento com a dose 4,75L ha^{-1} elevou a qualidade das sementes produzidas, mostrando ser a dose mais eficiente para a produção de sementes com alto potencial fisiológico.

Tabela 1– Valores médios de grau de umidade (GU), germinação (G), envelhecimento acelerado (E.A), teste de frio (TF), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência de plântulas (EP) de sementes de milho produzidas. Piracicaba SP, 2013.

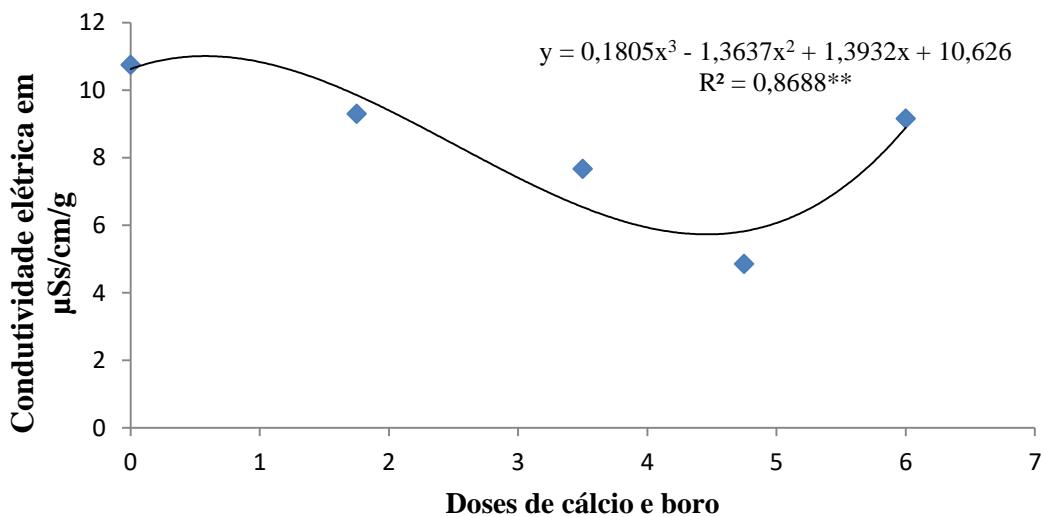
Doses (Ca) e (B)	GU(%)	G(%)	EA(%)	TF(%)	IVE	EP(%)
------------------	-------	------	-------	-------	-----	-------

0 L ha ⁻¹	10,1a	84,5b	82, c	40,2b	8,95a	91,5a
1,75 L ha ⁻¹	9,9a	94ab	92ab	45ab	8,67a	95,5a
3,5 L ha ⁻¹	9,8a	96,5a	86,5bc	41b	9,04a	90,5a
4,75 L ha ⁻¹	9,9a	94ab	95a	46a	9,68a	96,5a
6,0 L ha ⁻¹	10a	96,5a	89ab	41b	9,18a	93,0a
Valor F	1,9965 ns	3,2059 *	5,5217 **	5,9301**	1,8670 ns	2,469ns
CV (%)	1,13	3,39	4,62	5,40	5,98	3,83

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (.01 =< p < .05) * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05) ns não significativo (p >= .05). Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de médias SNK (Student- Neuman-Keuls)..

Examinando o gráfico a seguir (Figura 1), ressalta-se que houve diferenças estatísticas quando as sementes foram submetidas ao teste de condutividade elétrica. As sementes que receberam a dose 4,75 L ha⁻¹ em campo apresentaram maior qualidade fisiológica. Sabe-se que as principais funções do cálcio na planta são atuar na formação do pectato de cálcio, presente na lamela média da parede celular e o boroé importante na translocação de açúcares e na formação da parede celular (6, 1975). Os efeitos sobre a perda da qualidade fisiológica das sementes que não receberam nenhuma aplicação de cálcio e boro pode ser relacionado com a ausência dessa suplementação.

Figura 1 – Qualidade de sementes produzidas com cálcio e boro no teste de condutividade elétrica.



Bevilaqua et al., (2002) observaram que aplicação via foliar de cálcio e boro aumentou o peso de sementes por planta de soja em solos de várzea, o cálcio e o boro não afetam a qualidade fisiológica das sementes produzidas. Discordando de Bevilaqua et al.,(2002), constatou-se que na cultura do milho em que a aplicação da dose 4,75 L ha⁻¹ descresse a produtividade e eleva-se o potencial fisiológico das sementes. O potencial fisiológico das

sementes oriundas das doses com cálcio e boroapresentaram diferença estatística no teste de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica demonstrando assim, a possibilidade de ganhos com a aplicação. Resultados contrastantes foram encontrados por Leite et al., (2011) onde a aplicação de boro na forma de borato de sódio na dosagem de 10 Kg ha⁻¹, nos diferentes estádios de crescimento, não provocou esterilidade, não influenciou o rendimento de grãos, os componentes do rendimento, nem a qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado, cultivar IRGA 422CL.

Verificando a tabela 6, notamos que o índice máximo de vigor desses lotes foi encontrado na dose 4,75 ha⁻¹ atingindo 604,6 ficando na faixa de alto vigor seguindo a proposta da *Oishi State University*. Apresentaram também diferenças estatísticas para o crescimento e uniformidade das plântulas de milho na dose 4,75 ha⁻¹.

Tabela 1 – Utilização do software SVIS® para avaliação do vigor das sementes. Seguindo a proposta da *Oishi State University*: vigor excepcional 800 - 1000, alto vigor 600 - 700, bom vigor 400 - 599, baixo vigor 200 - 399, grãos < 200. Piracicaba SP, 2013

Doses (Ca) e (B)	Índice de vigor	Crescimento	Uniformidade
0 L ha ⁻¹	509,2b	375,6b	821,4b
1,75 L ha ⁻¹	522,8b	378,6b	861a
3,5 L ha ⁻¹	550,4b	414ab	870,2a
4,75 L ha ⁻¹	604,6a	482a	892a
6,0 L ha ⁻¹	532,4b	425ab	868,2a
Valor F	9,9880 **	3,7849*	6,9052 **
CV%	4,83	11,97	2,54

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (.01 =< p < .05) * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05). Médias seguidas pela mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de médias SNK (Student- Neuman-Keuls).

Com base nas imagens a seguir (Figura 2 e 3), Mondo e Cicero (2005) explicam que as alterações nos eixos embrionários, identificadas por manchas escuras e sem definição, são responsáveis pela redução da qualidade das sementes, assim concorda-se que as sementes produzidas sem a aplicação de cálcio e boro apresentam maiores danos e regiões aparentemente mortas por motivos não definidos quando comparado a sementes produzidas na dose de 4.75 ha⁻¹. Diante dos resultados obtidos com a dose de cálcio e boro, verificou-se que o lote 4 apresentou poucos danos físicos, isso permite explicar a atuação do cálcio nas sementes, assim pode ser constatado por Malavolta et al., (1997) apresentaram dados que o cálcio é essencial para manter a integridade estrutural de membranas e das paredes celulares, quando há deficiência a compartimentação é rompida e a ligação do cálcio com a pectina da parede é afetada.

Figura 2 –Imagem das sementes sem aplicação de cálcio e boro, obtidas por meio do teste de raios X, apresentando danos da à semente. No quadro a direita, sementes marcadas em verde pelo software SVIS® não germinaram.

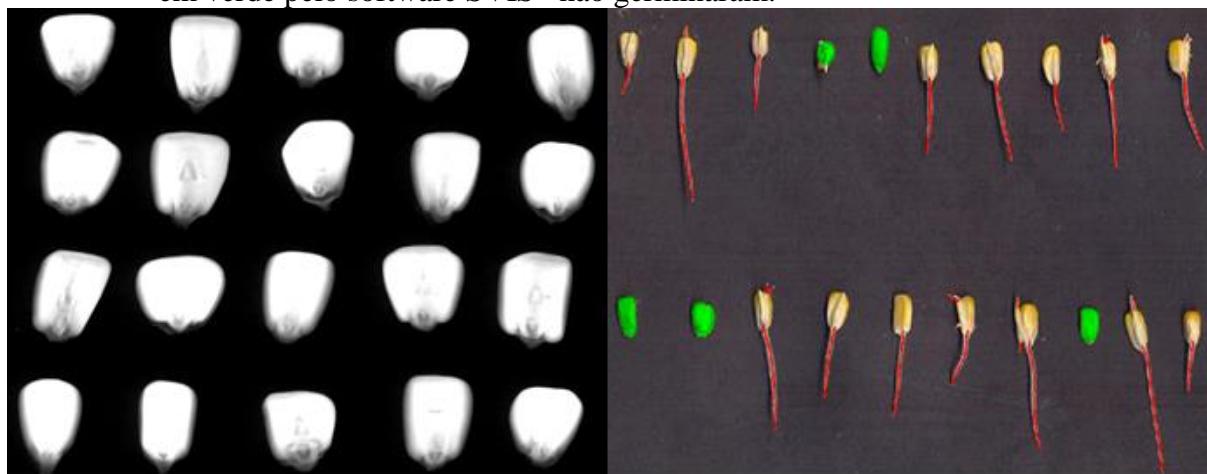
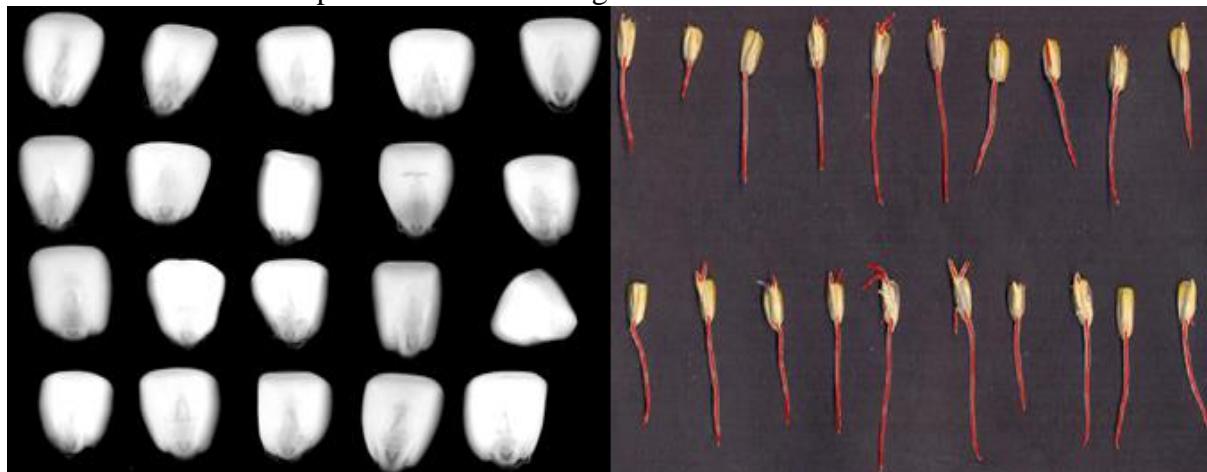


Figura 3–Imagem das sementes produzidas com apliação $4,75 \text{ L ha}^{-1}$ de cálcio e boro, obtidas por meio do teste de raios X, sem presença de dano. No quadro a direita, sementes analisadas pelo software SVIS® germinaram.



Os dados obtidos pelo teste envelhecimento acelerado, teste de frio em solo, condutividadeelétrica e avaliação pelo software SVIS®apontam diferenças significativas quanto ao melhor desempenho na dose $4,75 \text{ L ha}^{-1}$, assim demonstrando a eficiênciamadetecção de diferenças de vigor entre as sementes produzidas. Avaliando o vigor de sementes de milho superdoce, Alvarenga et al., (2012) verificaram que a análise computadorizada de imagens de plântulas SVIS® é eficiente para a determinação do vigor de sementes com sensibilidade comparável ao teste de envelhecimento acelerado tradicional. O uso de adubos foliares demonstrou ser uma ferramenta para aumentar a qualidade de sementes, porém ainda é necessário mais estudos sobre sua atuação e relação com as sementes produzidas.

Conclusão

Nas condições experimentais recomenda-se utilizar a aplicação de cálcio e boro na dose $4,75 \text{ L ha}^{-1}$ para produção de sementes com maior potencial fisiológico.

Referências

- ALVARENGA, O.R.; MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, G.F. Avaliação do vigor de sementes de milho superdoce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista brasileira de sementes**, v.34, n.3, 2012.
- ASSOCIAÇÃO OFICIAL DOS ANALISTAS DE SEMENTES. **Semente vigor teste manual**. AOSA de 2002. 105p. (Contribuição, 32).
- BARROS, A.S.R.; DIAS, M.C.L.L.; CICERO, 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**. ABRATES. 1999. cap.5, p.1-15.
- BELIVAQUA, P.A.G.; SILVA FILHO, M.P.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32 n.1, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. MAPA/ACS, 2009, 395p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4ºedição FUNEP, 2000. 588p.
- CICERO, S.M.; VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: VIEIRA, R.D., CARVALHO, N.M.(Ed.). **Testes de vigor em sementes**.1994. p.115-164
- GOMES JUNIOR, G.F. CICERO, S.M. Injúrias mecânicas em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, 2012.
- HOFFMASTER, A.L.; XU, L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B; BENNETT, M.A; EVANS, A.F. O Sistema Ohio StateUniversity Sementes Vigor Imagem (SVIS®) de plântulas de soja e milho. **Tecnologia de Sementes**, v.27, n.1, p.7-26, 2005.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. Deterioração controlada. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**.ABRATES, 1999. p.61 -68.
- LEITE, C.F.R.; SCHUCH, B.O.L.; AMARAL, S.A.; TAVARES, C.L. Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33 n.4, 2011.
- MAGUIRE, J.D. Velocidade de germinação ajuda na seleção e avaliação de emergência de plântulas e vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-77, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**.ABRATES, 1999a.cap.1, p.1-24.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** ABRATES, 1999b. cap.1, p.1-21.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Fealq, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P.; LIMA, L.B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p. 102-112, 2009.

MARCOS FILHO, J.; BENNETT, M.A; EVANS, A.S; GRASSBAUGH, E.M. Avaliação do vigor de sementes de melão por um sistema automatizado de computação gráfica em comparação com os procedimentos tradicionais. **Ciência e tecnologia de sementes**, v.34, n.2, p.507-519, 2006.

MALAVOLTA E.; OLIVEIRA, A.S.; VITTI, C.G., Livro Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações. 2º edição, **Associação Brasileira de Pesquisa e Potassa e do Fosfato**, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. **Agronômica Ceres**, 1976. 528p.

MONDO, H.V.; CICERO, M.S. Análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes de milho localizadas em diferentes posições na espiga. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.18, 2005.

PESKE, T.S. Sementes de Milho. Reportagem capa. **Seed News**, 2014

POSSAN. Avaliação na aplicação de cálcio e boro, no estádio de floração na cultura da soja (*glycinemax*L. Merril) nas regiões do oeste catarinense. 2010. 41 p.