

Recobrimento de sementes de algodão com zinco: efeitos imediatos e após o armazenamento

José de Souza Abreu Júnior, Cassyo de Araújo Rufino, Jucilayne Fernandes Vieira, Leopoldo Mario Baldet Labbé

Universidade Federal de Pelotas, Postal 354, *Campus* Universitário Capão do Leão, CEP: 96001-970, Pelotas, RS, Brasil. E-mails: prof.dr.joseabreujunior@gmail.com, cassyo.araujo@yahoo.com.br, laynevieira@yahoo.com.br, lmbaudet@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes e o desempenho de plântulas de algodão, após recobrimento das sementes com sulfato de zinco ($ZnSO_4$). Os atributos fisiológicos foram avaliados antes e após o período de 120 dias de armazenamento. Para isso, foram testadas cinco doses, sendo elas: 0,0; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 $g.Kg^{-1}$ de sementes. A qualidade antes e após o período de armazenamento foi analisada pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, comprimento de plântulas (parte aérea e raiz), massa seca da parte aérea e raiz, índice de velocidade de emergência e emergência a campo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Conclui-se que, o recobrimento de sementes de algodão com $ZnSO_4$ não afeta o acúmulo de matéria seca da parte aérea, entretanto, diminui o acúmulo de matéria seca das raízes. Todas as doses testadas de $ZnSO_4$ nas sementes de algodão, cultivar BRS 286, não prejudicaram a germinação antes e após 120 dias de armazenamento.

Palavras chave: *Gossypium hirsutum* L., Revestimento, Micronutriente

Coating of cotton seeds with zinc: immediate effect and after storage

Abstract: The objectives of this research were to evaluate physiological quality of seeds and the performance of seedlings of cotton after seeds coated with zinc sulphate ($ZnSO_4$). Therefore, physiological attributes were evaluated before and after 120 days of storage. Five doses were tested, namely: 0,0; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0 $g.Kg^{-1}$ of seeds. The quality before and after the storage period was analyzed by germination tests, first count of germination, accelerated aging, seedlings length (shoot and root), dry mass of shoots and roots, relative growth rate, leaf area index, emergence speed index and field emergency. A completely randomized design with four replications was used. It was concluded that cotton seeds coating with $ZnSO_4$ did not affect the accumulation of dry matter of shoots, however, decreases the accumulation of dry matter in roots. All tested doses of $ZnSO_4$ in cotton seeds cultivar BRS 286 did not affect the germination before and after 120 days of storage.

Keywords: *Gossypium hirsutum* L., Covering, Micronutrient.

Introdução

O algodão apresenta grande importância na agricultura brasileira, estudos mostram que entre os anos-safra de 2006/07 a 2016/17, o Brasil foi responsável, em média, por 6% da produção mundial de algodão em pluma, colocando-o na quinta posição, após China, Índia, Estados Unidos e Paquistão, respectivamente. Nesse mesmo período, o Brasil respondeu por 7,85% do total de algodão em pluma exportada, ocupando também a quinta posição mundial, ficando atrás dos Estados Unidos, Índia, Austrália e Uzbequistão Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB] (2017).

A cultura do algodão se constitui em uma atividade agrícola de grande importância socioeconômica, sendo uma importante fonte de geração de emprego e de renda no campo (Silva et al., 2009). Os Estados do Mato Grosso e a Bahia destacam-se devido às condições edafoclimáticas favoráveis à tecnificação da cultura. No cultivo do algodão utiliza-se alta tecnologia e a produtividade alcançada está entre as melhores no mundo (CONAB, 2017). O sucesso da cotonicultura deve-se, em parte, ao melhoramento genético dessa cultura (Souza, 2010). Entretanto, o algodoeiro é a planta de aproveitamento mais completo e a que oferece a mais variada gama de produtos de utilização universal (Ballaminut, 2009).

A adubação é uma das práticas agrícolas mais importantes na cultura do algodão. Uma forma de fornecer nutrientes à planta é o uso do tratamento de sementes com produtos à base de macro ou micronutrientes. O princípio deste tipo de tratamento é a translocação desses elementos aplicados na semente para a futura planta (Oliveira et al., 2010), tendo como vantagem a uniformidade de distribuição e aplicação de pequenas doses. A aplicação de zinco nas sementes tem a vantagem de ser um método eficaz, pois assegura a disponibilidade e absorção do nutriente nas fases iniciais de crescimento da cultura, uma vez que a plântula não absorve grandes quantidades desse elemento do solo, visto que ainda não tem sistema radicular desenvolvido, nem área foliar suficiente para absorver o nutriente via pulverização (Tunes, 2012).

Os micronutrientes são exigidos em menores quantidades, porém são tão importantes para a nutrição e produtividade do algodão

quantos os macronutrientes (Carvalho, 2007). Alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de avaliar a eficiência da aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes, como por exemplo, o efeito do zinco na produtividade das sementes de milho e algodão (Reis, 2003), e em trigo (Tunes et al., 2012). Pelos resultados da literatura, constatou-se o efeito positivo da aplicação de micronutrientes, como o zinco, no tratamento das sementes, com benefícios significativos em diferentes culturas (Tunes et al., 2012, Pletsch et al., 2014 & Tavares et al., 2015).

Os dados encontrados na literatura indicam que para cada 1.000 kg de algodão em caroço produzidos são acumulados cerca 43 a 62 g de zinco (Malavolta et al., 1991). O Zn atua como ativador de várias enzimas e como componente estrutural de outras, assim como de estruturas celulares. É considerado elemento essencial para a síntese do triptofano, que, por sua vez, é o precursor do ácido indol acético, o qual é um dos responsáveis pelo aumento do volume celular (Vale, 2000). Sendo assim, a aplicação de zinco via semente na cultura do algodão pode vir a ser uma forma adequada e promissora de utilização de micronutrientes. Contudo, são necessários estudos de técnicas, tecnologias, formas, fontes e doses de zinco que suplementem as plântulas de algodão desde os estágios iniciais de crescimento, evitando possíveis deficiências e conseqüentemente redução de crescimento e produtividade.

Durante a etapa de produção de sementes o solo é a principal fonte de zinco (Zn) para as plantas, porém, vários fatores podem afetar sua disponibilidade, sendo conveniente sua reposição via tratamento de sementes, via aérea e/ou via solo. Tendo em vista que são vários os experimentos que mostram diferentes respostas em relação à aplicação do micronutriente entre cultivares, entre espécies e entre a forma de aplicação (Fageria & Baligar, 2005).

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito do recobrimento de sementes de algodão com zinco ($ZnSO_4$) sobre os atributos fisiológicos e o crescimento inicial das plântulas antes e depois de armazenadas.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” [FAEM], Universidade Federal de Pelotas [UFPEL], localizada no município de Capão de Leão, RS. Foram utilizadas sementes de algodão da cultivar BRS 286 (ciclo de 140 a 160 dias e de porte baixo a médio) cedidas pela Fundação Bahia – Luís Eduardo Magalhães, BA. No momento da instalação do estudo a cultivar apresentava germinação de 88% (Abreu, 2014).

Os tratamentos consistiram da aplicação de zinco, na fonte de $ZnSO_4$ em diferentes doses, combinados com a adição de polímero (Colorseed HE[®] + fungicida maxin-XL[®] + inseticida Cruise 350 FS[®]). Os tratamentos foram: Testemunha semente nua (T0); Testemunha semente + fungicida (F) + inseticida (I) + polímero (P) (T1); 3 g de $ZnSO_4$ kg^{-1} de semente + F + I + P (T2); 6 g de $ZnSO_4$ kg^{-1} de semente + F + I + P (T3); 9 g de $ZnSO_4$ kg^{-1} de semente + F + I + P (T4); e 12 g de $ZnSO_4$ kg^{-1} de semente + F + I + P (T5) (Abreu, 2014).

A ordem de aplicação dos produtos sobre as sementes consistiu em: fungicida Maxin-XL[®] na dose de 2 ml kg^{-1} de semente + inseticida Cruiser 350 FS[®] na dose de 4 ml kg^{-1} de sementes. Para o recobrimento das sementes foi utilizado o polímero Colorseed HE[®] na dose de 4 ml kg^{-1} de semente, totalizando um volume de calda de 20 ml kg^{-1} de semente (Abreu, 2014).

O recobrimento foi realizado conforme a metodologia descrita por Nunes (2005), onde se utilizou o método manual usando-se sacos de polietileno. Para isso, o inseticida, fungicida, fitina e polímero foram colocados diretamente no fundo do saco plástico até uma altura de aproximadamente de 0,15 metros. Logo após colocou-se 1 kg de semente no interior do saco plástico, sendo as mesmas agitadas por 3 minutos. Na sequência, as sementes foram colocadas para secar em temperatura ambiente durante 24 horas. Essa técnica foi realizada sucessivas vezes até se obter a quantidade necessária de sementes para cada tratamento (Abreu, 2014).

Após o tratamento, parte das sementes foi submetida à avaliação da qualidade fisiológica inicial e a outra parte foi dividida em amostras de 100 g e acondicionada em embalagem de papel com espessura de 0,125 mm e armazenadas em ambiente natural (não controlado) cuja

temperatura média foi de 22,3 °C e umidade relativa de 78,4% para serem avaliadas aos 120 dias, sendo que as mesmas ficaram armazenadas desde novembro de 2012 até março de 2013. Foi determinado o teor de água das sementes inicialmente e no final do período de armazenamento (Abreu, 2014). E para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes e desempenho de plântulas realizou-se os testes de germinação, vigor e desenvolvimento de plântulas como descrito a seguir:

Teor de água (TA): determinado antes e após o armazenamento, nas sementes pelo método de estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas, em estufa com circulação forçada de ar, utilizando-se quatro repetições de cinco gramas de sementes por tratamento, (Brasil, 2009).

Teste de germinação (G): foi realizado utilizando-se 200 sementes por tratamento, semeadas em papel Germitest umedecido com água destilada equivalente a três vezes o peso do papel seco, sendo posteriormente mantidas em germinador regulado a 25 °C. As contagens foram feitas aos quatro e doze dias após a semeadura, conforme prescreve Brasil (2009).

Primeira contagem de germinação (PCG): realizada conjuntamente ao teste de germinação (Brasil, 2009), sendo a contagem das plântulas normais executada aos quatro dias após o início do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento acelerado (EA): realizado de acordo com a metodologia proposta pela Association of Official Seed Analysts [AOSA] (1983) e descrita por Marcos (1999). Foram distribuídas 200 sementes sobre uma tela de alumínio fixada em caixas plásticas do tipo gerbox adicionando-se 40 ml de água destilada, as quais foram acondicionadas em incubadora do tipo BOD, a 42 °C, durante 72 horas. As sementes foram submetidas ao teste de germinação, descrito anteriormente. A avaliação das plântulas normais foi realizada aos 4 dias após a semeadura (Brasil, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Testes de comprimento de plântula, parte aérea e raiz (CPT, CR e CP) - quatro amostras de 15 sementes de cada tratamento foram distribuídas em papel germitest umedecidos com água destilada utilizando-se 2,5 vezes a massa do papel seco, e mantido em germinador a 25 °C, por quatro dias (Nakagawa, 1999). Sobre o substrato umedecido foi traçada uma linha no

terço superior, na direção longitudinal. O comprimento total de plântula, parte aérea e raízes primárias consideradas normais (Brasil, 2009) foram determinados ao final do quarto dia (Abreu, 2014), com o auxílio de régua milimétrica.

Emergência em campo (EC): foi realizada em quatro repetições com 50 sementes para cada tratamento semeadas em canteiros, preenchidos com solo coletado de um horizonte A1 de Planossolo Aplico estrófico sódico pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (Streck et al. 2008). As avaliações foram realizadas aos 12 dias após a semeadura, por meio da contagem de plântulas emergidas (Abreu, 2014). Os resultados foram expressos em percentagem média de plântulas emergidas.

Índice de velocidade de emergência (IVE): foi realizado juntamente com o teste de emergência com contagem diária das plântulas emergidas e calculado através da fórmula proposta por Maguire (1962).

Teste de massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR): realizado juntamente com o teste de comprimento de plântulas, onde após a mensuração, as plântulas foram seccionadas, separando-se a parte aérea do sistema radicular, em seguida o material foi colocado em cápsulas de alumínio, mantido em estufa com convecção forçada, regulada a 65°C, durante 96 h (Tunes et al. 2010). Posteriormente, foi avaliada a massa seca, utilizando-se balança de precisão (0,0001g) e os resultados expressos em mg plântula⁻¹, conforme recomendações de Nakagawa (1994).

Massa seca de parte aérea (MSPA): as partes aéreas das plantas foram cortadas na altura do solo e em seguida, colocadas em estufa a 60 °C, até peso constante (Abreu, 2014), para determinação da biomassa seca e pesada em balança analítica de precisão.

Análise estatística: Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram analisados quanto à normalidade e homocedasticidade e, posteriormente, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). Sendo significativa a probabilidade "F", as médias foram comparadas por teste de Dunnet comparando com a dose T1 e regressão polinomial.

Resultados e discussão

Efeitos imediatos

Na Tabela 1 estão apresentados os dados da germinação onde se constata que não houve diferença significativa em relação às doses testadas, entretanto houve uma tendência às doses mais altas apresentarem germinação mais baixa em até 4 p.p. Os resultados encontrados confirmam os verificados por Vieira e Moreira (2005) que trabalharem com recobrimento de sementes de arroz com zinco também não encontraram diferenças significativas na germinação de sementes recobertas com o micronutriente.

Resultados similares também foram encontrados por Funguetto (2006) ao analisar o recobrimento de sementes de arroz tratadas com o micronutriente zinco, fungicida e polímero. Portanto, o uso de recobrimento de sementes, com materiais artificiais (polímero), favorece uma uniformidade de aplicação e possibilita o contato do Zn com as primeiras raízes emitidas. Dessa forma, supre a necessidade deste micronutriente para um melhor desenvolvimento inicial e melhorias no processo germinativo (Barros et al., 2005).

Os resultados do teste de primeira contagem da germinação (Tabela 1) demonstram que as doses mais altas aplicadas de ZnSO₄ de 9,0 e 12,0g kg⁻¹ de semente reduziram significativamente a germinação na primeira contagem do teste. A dose de 9,0g de ZnSO₄ reduziu a germinação do teste de primeira contagem em 31,3% quando comparado com a testemunha T1 (testemunha com Fungicida, Inseticida e Polímero). Analisando o efeito da dose de 12,0g verificou-se uma redução de 55,4% em relação à testemunha T1 (Fungicida Inseticida e Polímero).

Para o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 1), as sementes recobertas nas doses de 9,0 e 12,0g, tratadas com ZnSO₄, influenciaram significativamente na redução do vigor. A dose de 9,0g diminuiu em 12,8% e a dose de 12,0g em 18,0% a germinação das sementes envelhecidas quando comparadas com a testemunha T1.

Quanto a emergência de plântulas em campo (Tabela 1) pode-se observar que não ocorreu diferença significativa para esta variável. De acordo com Albuquerque et al. (2010), o zinco aplicado nas sementes pode ser integralmente absorvido pelas plântulas, especialmente quando cultivado em areia que não apresenta perdas do nutriente.

Tabela 1- Primeira contagem de germinação (PCG), Germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), Emergência a campo (EC), Índice de velocidade de emergência (IVE), Comprimento de parte aérea (CPA), Comprimento radicular (CR), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca de raiz (MSR), (Teor de água de sementes de algodão inicial (TA0) e (TA4) após 4 meses de armazenamento), após o recobrimento com diferentes doses de ZnSO₄ + 2,0mL de fungicida (Maxin -XL[®]) + 4,0 mL de polímero Kg⁻¹ de sementes. FAEM/UFPel, Capão do leão/RS, 2013.

Tratamento de sementes	PCG ^{ns}	G ^{ns}	EA ^{ns}	EC ^{ns}	IVE ^{ns}	CPA	CR	MSPA	MSR ^{ns}	TA0	TA4
	%					(cm)		(mg)		Meses	
T0	79	88	77	89	9,1	5,00	11,0	380	82	9,5	9,6
T1	83	91	78	90	9,4	5,41	12,0	461	78	9,6	10,2
T2	78	90	75	91	9,6	*5,90	*11,8	*571	82	10	10,1
T3	77	90	72	91	6,6	*5,70	9,9	*718 ^β	72	9,6	10,4
T4	*57 ^β	86	*68 ^β	92	8,2	4,91	*7,β	470	*49 ^β	9,8	10,1
T5	*37 ^β	86	*64 ^β	91	9,4	*4,42 ^β	*4,9 ^β	*571	*35 ^β	10	10,4
C.V. (%)	6,66	3,16	3,5	2,71	5,48	4,45	2,0	9,34	11,02		

Médias antecedidas por ^{} e seguidas por ^β diferem dos tratamentos T0 e T1, respectivamente, pelo teste de Dunnet (p≤0,05). ^{ns} variáveis não significativas a probabilidade F (p≤0,05).

Ao analisar os resultados obtidos verifica-se que não ocorrem diferenças significativas nas porcentagens de plântulas emergidas e na variável índice de velocidade de emergência (IVE) com a aplicação de zinco (Tabela 1). Quando compara-se a testemunha T0 com os tratamentos T2 e T5 verifica-se um aumento de 5,5%, e 3,3% nos valores dos IVEs respectivamente, os tratamentos T3 e T4 reduziram em 27,5% e 9,9% o valor do índice quando comparado a testemunha T0. No que diz respeito ao algodão, os resultados obtidos neste trabalho permitem inferir que o recobrimento das sementes com fitina favoreceu o IVE da cultura. Ao analisar os resultados da testemunha T1 e os tratamentos percebe-se que ocorre um aumento de 2,2% no valor do índice quando comparado ao tratamento T2, em relação aos tratamentos T3 e T4 ocorreu uma redução do índice em 29,8% e 12,8% respectivamente.

O comprimento da parte aérea (Tabela 1) foi significamente menor para a dose de 12,0g (T5) quando comparado à testemunha T1 (fungicida inseticida e polímero). Quando se analisa o efeito negativo da dose de 12,0g percebe-se que a mesma reduziu em 18,29% o

comprimento da parte aérea em relação à testemunha T1 (fungicida inseticida e polímero).

A dose de 6,0g reduziu o comprimento de raiz em 16,68% em relação à testemunha T1 (fungicida, inseticida e polímero), a dose de 9,0g reduziu em 40,94% o comprimento de raiz quando comparado à testemunha T1 (fungicida, inseticida e polímero), já a dose de 12,0g que é a maior dose de zinco reduziu o comprimento de raiz em 58,55% quando comparado ao T1 (fungicida inseticida e polímero). As maiores doses de ZnSO₄ foram as que ocasionaram as maiores reduções das médias da variável comprimento de raiz.

As doses mais alta de ZnSO₄ reduziram significamente a massa seca da parte aérea das plântulas de algodão (Tabela 2). Na cultura do arroz, Fageria e Baligar (2005), constataram influência significativa dos níveis de Zn e genótipos sobre a massa seca da parte aérea. Contrastando as observações destes autores, Leal et al. (2007) relataram que não houve diferença significativa das doses de Zn sobre a massa seca da parte aérea de plântulas de milho. A menor produção de massa seca da raiz foi com

as doses de 9,0 e 12,0g de ZnSO₄ kg⁻¹ de sementes. Esse resultado pode ser atribuído à possível toxicidade de zinco, que se caracteriza por uma inibição do alongamento radicular e,

consequentemente, menor produção de massa seca em sementes de arroz (Funguetto et al., 2010).

Tabela 2 - Primeira contagem de germinação (PCG), Germinação (G), Envelhecimento acelerado (EA), emergência a campo (EC), Índice de velocidade de emergência (IVE), Comprimento de parte aérea (CPA), Comprimento radicular (CR), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca de raiz (MSR), de sementes de algodão, após o recobrimento com diferentes doses de ZnSO₄ + 2,0mL de fungicida (Maxin -XL[®]) + 4,0mL de polímero Kg⁻¹ de sementes, após 120 dias de armazenamento em condições naturais. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2013.

Tratamento de sementes	PCG ^{ns}	G ^{ns}	EA ^{ns}	EC ^{ns}	IVE ^{ns}	CPA	CR	MSPA	MSR
	%					(cm)		(mg)	
T0	86	86	64	78	8,2	2,9	8,7	443,6	60,3
T1	90	90	74	84	12,0	2,8	9,0	429,5	62,8
T2	*92	92	70	87	13,6	3,0	8,9	443,5	58,5
T3	89	89	60 ^β	83	10,4	* 2,6	7,0	462,2	*47,5 ^β
T4	*32 ^β	86	*39 ^β	78	8,6	*0,0 ^β	*0,0 ^β	*0,0 ^β	*0,0 ^β
T5	*26 ^β	90	*49 ^β	87	11,6	*0,0 ^β	*0,0 ^β	*0,0 ^β	*0,0 ^β
C.V. (%)	3,94	3,35	5,98	9,77	6,34	3,52	6,12	4,33	7,44

Médias antecedidas por ^{} e seguidas por ^β diferem dos tratamentos T0 e T1, respectivamente, pelo teste de Dunnet (p≤0,05). ^{ns} variáveis não significativas a probabilidade F (p≤0,05).

Após Armazenamento

Na Tabela 2 constam os dados de teor de água das sementes, obtidos nas análises iniciais e no armazenamento por quatro meses em ambiente não controlado. As sementes apresentaram teor de água, no início do armazenamento, entre 9,5 e 10,0% de umidade. Após quatro meses de armazenamento, os teores de água dos diferentes tratamentos, apresentaram um aumento de 1 e 4% para os valores que apresentavam o menor e maior percentual de umidade antes do armazenamento respectivamente, mostrando a tendência das sementes armazenadas em condições ambientais em alcançar o equilíbrio higroscópico, com a umidade relativa do meio que as rodeiam. A presença do polímero no recobrimento das sementes pode ser considerada como uma proteção para que não ocorram variações bruscas de absorção de água pelas sementes,

em períodos com umidade relativa do ar alta e temperatura baixa (Baudet & Villela, 2006).

Na Tabela 2 estão apresentados os dados da germinação onde se constata que não houve diferença significativa em relação às doses testadas de ZnSO₄. Os resultados encontrados confirmam os verificados por Ohse et al. (2000) e por Vieira e Moreira (2005) os quais trabalharam com recobrimento de sementes de arroz com zinco e não encontraram diferenças significativas na germinação. Enquanto em sementes de algodão, o tratamento com fungicida, inseticida e polímero propiciou sementes com maior porcentagem de germinação após nove meses de armazenamento (Kunkur et al., 2007).

Os resultados do teste de primeira contagem da germinação demonstram que ocorreram diferença significativa das doses de 9,0 e 12,0g kg⁻¹ de semente quando comparados com a testemunha T1, reduzindo as médias de vigor. A

dose de 9,0g de ZnSO₄ reduziu a germinação em 4,4% quando comparado com a testemunha T1 (testemunha com fungicida, inseticida e polímero). Na dose de 12,0g não verificou-se redução em relação à testemunha T1 (Fungicida Inseticida e Polímero). Os dados do teste de primeira contagem da germinação também indicaram que houve um aumento crescente na germinação para a dose de 3,0g kg⁻¹ de sementes.

De acordo Vertucci (1989), o período de hidratação pode promover elevação na percentagem de germinação, ou sua redução, se ocorrerem danos nas organelas celulares durante o processo de hidratação. Portanto, mesmo em períodos curtos, havendo umidade suficiente para o bom desempenho das sementes, provavelmente, são necessárias mais algumas horas de hidratação, para complementação dos processos metabólicos, assim como foi observado no teste de germinação (Franzin et al, 2008). Os resultados deste trabalho concordam com Conceição e Vieira (2008) e Silva et al. (2002), esses autores observaram que diversas composições e espessuras do revestimento das sementes de milho e alface afetaram a primeira contagem de germinação e o índice de velocidade de emergência.

Ao analisar os resultados obtidos verifica-se que não ocorrem diferenças significativas nas porcentagens de plântulas emergidas na variável índice de velocidade de emergência (IVE) com a aplicação de zinco (Tabela 2). Quando compara-se a testemunha T0 com os tratamentos T2, T3, T4 e T5 verifica-se um aumento de 65,9%, 26,8%, 4,9% e 41,5% nos valores dos IVEs respectivamente. Ao analisar os resultados da testemunha T1 e os tratamentos percebe-se que ocorre um aumento de 13,3% no valor do índice quando comparado ao tratamento T2, em relação aos tratamentos T3, T4 e T5 ocorreu uma redução do índice em 13,3%, 28,33% e 3,3% respectivamente. Esses dados concordam com os encontrados por Santos et al. (2011), trabalhando com tratamento químico e revestimento em *B. brizantha* cv. arandu, onde observaram que o revestimento de sementes promove redução no índice de velocidade de emergência.

Para o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 2) o desempenho das sementes tratadas apresentou diferença significativa entre as doses de 9,0 e 12,0g em comparação a testemunha T1

(fungicida inseticida e polímero). A menor média de germinação após o envelhecimento acelerado foi na dose de 9,0g de ZnSO₄, esta dose diminuiu em 47,30% quando comparado ao tratamento T1(fungicida inseticida e polímero). A dose de 12,0g diminuiu em 33,78% quando comparado ao tratamento T1(fungicida inseticida e polímero). Contudo, quando se compara a testemunha T0 (semente nua) com a testemunha T1 (fungicida, inseticida e polímero) verifica-se um aumento da germinação da T1(fungicida, inseticida e polímero), evidenciando a importância da utilização de produtos químicos nas sementes. Para todas as doses de ZnSO₄ utilizadas no EA ocorreu um decréscimo da germinação no tratamento com zinco.

Após os 120 dias do armazenamento, a redução da viabilidade das sementes aumentou, possivelmente devido as causas estruturais de suas próprias células, pois as sementes haviam sido armazenadas sob condições adversas por um longo período, expostas à ação da temperatura e umidade do ambiente, o que compromete o funcionamento das organelas celulares, fato explicado por Zimmer (2012) o qual destaca que sementes de baixo vigor possuem a maioria das células comprometidas e as organelas ineficientes ocasionando, tanto redução da germinação, como do vigor das sementes (Ludwig et al, 2011).

Quando analisados os dados de emergência de plântulas em campo observa-se que não ocorreu diferença significativa para esta variável. De acordo com Albuquerque et al. (2010), o zinco aplicado nas sementes pode ser integralmente absorvido pelas plântulas, especialmente quando cultivado em areia que não apresenta perdas do nutriente.

Para o comprimento da parte aérea (Tabela 2), as doses de ZnSO₄ apresentaram respostas diferenciadas. Ocorreu diferença significativa entre as doses 9,0 e 12,0g kg⁻¹ sementes quando comparado à testemunha T1 (fungicida inseticida e polímero). A menor média foi obtida com a dose de 3,0g de ZnSO₄ aumentou em 7,14 10,96% o comprimento da parte aérea, seguida das doses 6,0 e 12,0g que diminuiu em 100% o comprimento da parte aérea quando comparado à testemunha T1 (fungicida inseticida e polímero) o que indica que estas doses foram tóxicas ao desenvolvimento da semente. Este estudo difere dos resultados encontrados por Ohse et al. (1999) que obtiveram aumento de 6,2% na parte aérea,

ao utilizarem solução concentrada de zinco (0,150 mg L⁻¹), aplicada no substrato.

Similarmente, Funguetto et al. (2010) obtiveram maiores valores de CPA de plântulas de arroz, quando foi realizada aplicação de Zn via sementes 58% superior à testemunha com a dose 0,57g de Zn.kg⁻¹ de sementes. Ohse et al. (2001) ao testarem doses de Zn via tratamento de sementes em arroz irrigado, também verificaram que o CPA foi influenciado significativamente, apresentando valor superior em 9,3% quando comparado à testemunha.

Para a variável comprimento de raiz (Tabela 2) quando comparados às doses com as testemunhas verificou-se que as doses de 6,0g; 9,0g e 12,0g kg⁻¹ sementes apresentaram diferenças significativas quando comparadas a testemunhas T1 (fungicida inseticida e polímero).

A dose de 6,0g reduziu o comprimento de raiz em 22,2% quando comparado com a testemunha T1 (fungicida, inseticida e polímero), a dose de 9,0 e 12,0g reduziu em 100% o comprimento de raiz quando comparado com a testemunha T1 (fungicida, inseticida e polímero). A aplicação das maiores doses de ZnSO₄ foi as que ocasionaram as maiores reduções das médias da variável comprimento de raiz indicando que ocorreu fitotoxicidade das sementes com estas doses. O aumento no comprimento de raiz devido à aplicação de Zn, provavelmente se deve ao fato deste elemento ser necessário para a síntese do aminoácido triptofano, precursor do fitormônio auxina, responsável principalmente pela diferenciação e alongamento das células da raiz.

A produção de massa seca da parte aérea e da raiz está representada na (Tabela 2). Para a variável massa seca da parte aérea observou-se que houve diferença significativa entre as doses de 9,0 e 12,0g ZnSO₄ estas doses foram tóxicas as sementes. Na cultura do arroz, Fageria (2002) e Bonnacarrère et al. (2003) constataram influência significativa de doses de Zn, acarretando aumento dos valores de fitomassa seca de parte aérea das plantas. Rozane et al. (2008) obtiveram resultados similares para a cultivar Supera, com a dose 0,86g de Zn. kg⁻¹ de sementes na forma de sulfato, aumentando em 48% a Fitomassa seca de parte aérea de plântulas de arroz.

Para a variável massa seca de raiz (tabela 2) (MSR) ocorreu diferença significativa para as doses de 6,0; 9,0 e 12,0g. A dose de 6,0g kg⁻¹

sementes apresentou uma redução de 24,4% quando comparado ao tratamento T1 (fungicida inseticida e polímero). As duas outras doses foram tóxicas as sementes.

Atualmente, muitos pesquisadores acreditam que a técnica de tratamento de sementes é importante para fornecer nutrientes essenciais nas fases iniciais das culturas, fazendo necessário o uso de pesquisas para definir a melhor dose a ser aplicada. Além disso, a maioria dos solos brasileiros apresenta carência de vários nutrientes, o que torna essa técnica bastante eficiente e eficaz para suprir as exigências dos cultivos, tornando-se como um dos grandes avanços responsáveis pelas garantias de altas produtividades.

Conclusão

O recobrimento das sementes de algodão com fungicida, inseticida, micronutriente e o polímero proporciona sementes com boa aparência, aderência, distribuição e coloração melhorando seu desempenho.

Não se constata efeito fitotóxico dos tratamentos fungicida, inseticida e o micronutriente zinco até a dose de 6,0g kg⁻¹ de semente aplicados sobre as sementes de algodão.

Sementes de algodão tratadas com Maxin-XL[®] + Cruiser 350 FS[®] podem ser armazenadas por quatro meses, sem que haja comprometimento de sua qualidade fisiológica.

Referências

Abreu Jr., J.S. (2014). *Recobrimento de sementes de algodão com fósforo, zinco e boro: efeitos imediatos e após o armazenamento* (124f). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

Albuquerque, K. A. D, Oliveira, J. A., Silva, P.A., Veiga, A. D., Carvalho, B. O., & Alvin, P.O. (2010). Armazenamento e qualidade de sementes de tomate enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. *Ciência agrotecnologia*, 34 (1), 20-28.

- Association of official seed analysts (1983). *Seed vigor testing handbook* (Contribution, n. 32. 93p.). East Lansing: AOSA.
- Ballaminut, C. E. C. (2009). *Seletividade da cultura do algodoeiro aos herbicidas Diuron, Clomazone, Trifloxysulfuron-sodium e Pirythiobac-sodium* (86f). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, Brasil.
- Baudet, L., & Villela, F.A. (2006). Armazenamento de Semente. In: Peske, S. T., Lucca Filho, O., Barros, A. C. S.A. (Ed.). *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos* (427-472p). Pelotas: UFPEL.
- Barros, R. G., Barrigossi, J. A., & Costa, J. L. S. (2005). Efeito do armazenamento na compatibilidade de fungicidas e inseticidas, associados ou não a um polímero no tratamento de sementes de feijão. *Bragantia*, 64 (3), 459-465.
- Bonnecarrère, R. A. G., Londero, F. A. A., Santos, O. S., Schmidt, D., Pilau, F. G., Manfron, P. A., & Dourado Neto, D. D. (2003). Resposta de genótipos de arroz irrigado à aplicação de zinco. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguiana*, 10 (1), 109-116.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para análise de sementes* (399p). Brasília: Mapa/ACS.
- Carvalho, M. C. S. (2007). Resposta do algodoeiro a fontes, doses e modos de aplicação de zinco no cerrado. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande, 11 (3), 121-129.
- Conceição, P. M., & Vieira, H. D. (2008). Qualidade fisiológica e resistência do recobrimento de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 30 (3), 48-53.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2017). *Compêndio de Estudos da CONAB* (1). Recuperado em 25 novembro, 2017, de <http://www.conab.gov.br>.
- Fageria, N. K., & Baligar, V.C. (2005). Growth components and zinc recovery efficiency of upland rice genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (12), 1211-1215.
- Fageria, N. K. (2002). Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37 (12), 1765-1772.
- Franzin, M. F., Menezes, N. L., Bahry, C., & Marchezan, E. (2008). Pré-germinação de sementes de arroz irrigado CV. Irga 417. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, 14 (1), 33-47.
- Funguetto, C.I., Pinto, J.F., Baudet, L., & Peske, S.T. (2010). Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (2), 117-123.
- Funguetto, C.I. (2006). *Recobrimento de sementes de arroz irrigado com zinco* (36f). Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.
- Kunkur, V., Hunje, R., Biradarpatril, N. K., & Vyakarnhal, B.S. (2007). Effect of seed coating with polymer, fungicide and insecticide on seed quality in cotton during storage. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20 (1), 137-139.
- Leal, M. R., Facincani F. C., Braghirolli, L. F., Guirado A. A., Sabonaro, Zumkeller. D., Bettini. M, Prado, de M. R. (2007). Efeito da aplicação de zinco em sementes sobre a nutrição e a produção de massa seca de plantas de milho. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 29, (4), 491-496.
- Ludwing, M. P., Lucca Filho, O. A., Baudet, L., Dutra, L.M.C., Avelar, S. A. G., Crizel, R. L. (2011). Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácidos, polímero, fungicida e inseticida. *Revista Brasileira de Sementes*, 33 (3), 395-406.
- Maguire, J.D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, 2 (1), 176-177.
- Malavolta, E., Boareto, A. E., & Paulino, V. T. (1991). Micronutrientes: uma visão geral. In: Ferreira, M. E., Cruz, M.C.P. da (Ed.) *Micronutrientes na agricultura* (pp. 1-33). Piracicaba: POTAFOS/CNPq.

- Marcos Filho, J. (1999). Teste de envelhecimento acelerado. In: Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D., & França-Neto, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes* (Cap.3, pp.1-24). Londrina: Abrates.
- Nakagawa, J. (1999). Testes de vigor baseado do desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., & França Neto, J. B. *Vigor de sementes. Conceitos e Teses* (pp. 1-24). Londrina.
- Nakagawa, J. (1994). Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: Vieira, R. D., Carvalho, N. M. (pp. 49-85). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP.
- Nunes, J.C. (2005). *Tratamento de semente qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório* (16p). Londrina-PR: Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.
- Ohse, S., Moradim, V., Santos, O. S., Lopes, S. J., & Manfron, P.A. (2001). Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com Zinco, Boro e Cobre. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana*, 7/8 (1), 41-50.
- Ohse, S., Santos, O. S., Moradim, V., & Manfron, P. A. (1999). Efeito do tratamento de sementes de arroz irrigado com zinco em relação à aplicação no substrato. *Revista da Faculdade zootecnia veterinária agronomia*. Uruguaiana, 5/6 (1), 32-42.
- Oliveira, R.H., Souza, M.J.L., Morais, O.M., Guimarães, B.V.C. & Pereira Jr., H.A. (2010) - Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32 (4), 701-707.
- Pletsch, A., Silva, V. N., & Beutler, A. N. (2014). Tratamento de sementes de canola com zinco. *Revista de Ciências Agrárias*, 37 (2), 241-247.
- Reis Jr., A. (2003). *Avaliação agrônômica do Stimulate na cultura do algodão*. Recuperado em 15 dezembro, 2003, de http://www.fundacaochapadao.com.br/v1/images/stories/arquivos/artigos/Algodao_Stoller_01-02.pdf.
- Rozane, D. E., Prado, R. M., Romualdo, L. M., & Simões, R. R. (2008). Resposta de plântulas de arroz cv. BRS Soberana à aplicação de zinco via semente. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 32 (3), 847-854.
- Santos, L.D.C., Benett, C.G.S., Silva, K.S., & Silva, L.V. (2011). Germinação de diferentes tipos de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã germination of various types of seeds *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. *Bioscience Journal*, 27 (3), 420-426.
- Silva, P. S. L., Silva, J. C. V., Carvalho, L. P., Silva, K.M.B., & Freitas, F. C. L. (2009). Weed control via intercropping with gliricidia. I. Cotton crop. *Planta Daninha*, 27 (1), 97-104.
- Streck, E. V., Kämpf, N., Dalmolin, R. S. D., Klamt, E., Nascimento, P. C., Schneider, P., Giasson, E., & Pinto L. F. S. (2008). Solos do Rio Grande do Sul. (2.ed. 222p). Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR.
- Sousa, L. B. (2010). O Algodoeiro: alguns aspectos importantes da cultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5 (4), 19-26.
- Silva, J. B. C., Santos, P. E. C., & Nascimento, W. M. (2002). Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20 (1), 67- 70.
- Tavares, L. C., Brunet, A. P., Rufino C.de A., Fonseca, D. Â. R., Gadotti, G. I., & Villela, F. A. (2015). *Semina: Ciências Agrárias*, 36, (2), 585-594.
- Tunes, L.M., Cardoso, D.P., Tavares, L.C., Barbieri, A.P., Barros, A.C.S.A., & Muniz, M.F.B. (2012). Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, 42 (7), 1141-1146.
- Tunes, L.M., Barros, A. C. S. A., Badinelli, P. G., & Garcia, D.C. (2010). Diferentes épocas de colheita e qualidade fisiológica de sementes de

cevada. *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (2), 42-48.

Vale F. (2000). *Avaliação e caracterização da disponibilidade do boro e zinco contido em fertilizantes* (101f). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, Brasil.

Vertucci, C. W. (1989). The kinetics of seed imbibition: controlling factors and relevance to seedling vigor. In: Stanwood, P.C., & McDonald, M.B. (Ed). *Seed Moisture. Madison: Crop Science society of America* (pp. 93-115).

Vieira, E.H.N., & Moreira, G.A. (2005). *Peletização de sementes de arroz* (Comunicado Técnico, n.111. 2p). Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão

Zimmer, P. D. (2012). Fundamentos da qualidade de sementes. In.: Peske, S. T., Villela, F. A., & Meneghello, G. E. *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos* (3 ed., 573p). Pelotas: UFPEL.

Recebido em: 05/05/2017

Aceito em: 04/11/2017