



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

TIMÓTEO MACHADO DE OLIVEIRA

**POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Sesamum indicum* L. APÓS O
TRATAMENTO COM O ZINCO**

**FORTALEZA
2019**

TIMÓTEO MACHADO DE OLIVEIRA

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Sesamum indicum* L. APÓS O
TRATAMENTO COM O ZINCO

Monografia apresentada à Coordenação do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientadora: Prof. Dra. Haynna Fernandes Abud.

FORTALEZA
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O52p Oliveira, Timóteo Machado de.
Potencial fisiológico de sementes de *Sesamum indicum* L. após o tratamento com o zinco / Timóteo Machado de Oliveira. – 2019.
29 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profª. Dra. Haynna Fernandes Abud.

1. *Sesamum indicum* L. 2. Potencial fisiológico. 3. Zinco. I. Título.

CDD 630

TIMÓTEO MACHADO DE OLIVEIRA

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Sesamum indicum* L. APÓS O
TRATAMENTO COM O ZINCO

Monografia apresentada à Coordenação do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovada em: 24/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a D.Sc. Hayna Fernandes Abud (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. D.Sc. Alek Sandro Dutra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

M.Sc. Raylson de Sá Melo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos amores da minha vida: Meus Pais,
minha Avó, meu irmão Tiago e minha
namorada Ana Kalyne.

Dedico com imenso carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela dádiva da vida, e por me conceder força e coragem para enfrentar os desafios ao longo desses anos.

A minha família, Wellington (pai), Maria de Jesus (mãe), Tiago (irmão), Ana Kalyne (namorada) e a minha linda Avó Maria Hercília. Por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida até aqui. Os meus Pais por tamanho esforço e dedicação, vocês foram fundamentais para o sucesso dessa caminhada.

Agradeço a minha orientadora Haynna Abud por tamanha ajuda e paciência, por acreditar em mim e dispor do seu tempo para me auxiliar nas atividades. Por diversas vezes ter me ensinado lições e ter dado conselhos que sem dúvida, levarei por toda a minha vida. Agradeço aos colegas integrantes do grupo de pesquisa de sementes: Sérgio Rios, Kelly Andressa, Felipe Oliveira, Hiago Rodrigues e Wesley Eusébio, por terem ajudado em diversos momentos.

Muita gratidão a todos os membros do Laboratório de Análises de Sementes pertencente a Universidade Federal do Ceará. Ao meu coorientador Raylson pela imensa contribuição e apoio durante a reta final do trabalho de conclusão de curso.

Aos amigos que tive o privilégio de compartilhar diversos momentos durante a graduação, de forma especial quero agradecer aos queridos Valéria Ramos, Yan Pavel por toda ajuda e companheirismo.

RESUMO

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) é uma planta oleaginosa, pertencente à Família Pedaliaceae. A espécie é originária da Índia, sendo considerada uma das oleaginosas mais antigas utilizadas pela humanidade. A aplicação de micronutrientes como o zinco ocasionam incrementos na cultura de gergelim quanto ao número de cápsulas por planta, peso das cápsulas, número de sementes por cápsula, peso de mil sementes, produção de sementes e produção de óleo. O zinco é um elemento essencial, pois atua na síntese de hormônios vegetais envolvidos no crescimento das plantas. O objetivo com o presente trabalho foi avaliar o potencial fisiológico de sementes de gergelim preto após o tratamento com zinco. As doses de zinco aplicadas foram 25, 50, 75, 100 g. ha⁻¹ e a dose 0 que corresponde as sementes não tratadas com zinco. As sementes do lote 2 apresentaram maior percentual de teor de água do que o lote 1, houve uma variação de apenas 0,1%, sendo respectivamente 4,7% e 4,8% para cada lote, observou-se um valor médio de germinação de 90,5% para o lote 01 e 93% no lote 02 na dose de 25 g.ha⁻¹. Na variável de primeira contagem o valor médio foi de 58,50% nas doses de 25 e 50 g.ha⁻¹. Os valores referentes à massa de matéria seca por plântula foi de 0,0021 no lote 01 e 0,0022 g/plântula no lote 02. Houve diferença significativa entre as diferentes doses do zinco para as variáveis de primeira contagem, índice de velocidade de germinação e índice de velocidade de emergência, porém somente o índice de velocidade emergência respondeu de forma satisfatória ao tratamento com zinco na dose de 25 g.ha⁻¹. Mediante os valores observados é possível recomendar a aplicação do produto Maxizinc na dose de 25 g. ha⁻¹.

Palavras-chave: *Sesamum indicum L.*, Potencial fisiológico, Zinco.

ABSTRACT

The sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oleaginous plant belonging to the Pedaliaceae family. The species is native to India, being considered one of the oldest oilseeds used by mankind. The application of micronutrients such as zinc causes increases in sesame crop in terms of number of capsules per plant, capsule weight, number of seeds per capsule, weight of a thousand seeds, seed production and oil production. Zinc is an essential element, as it acts on the synthesis of plant hormones involved in the growth of plants. The objective of the present study was to evaluate the physiological potential of black sesame seeds after zinc treatment. The doses of zinc applied were 25, 50, 75 and 100 g. ha⁻¹ and dose 0 which corresponds to the seeds not treated with zinc. The seeds of lot 2 presented a higher percentage of moisture than lot 1, there was variation of only 0.1%, respectively 4.7% and 4.8% for each lot, an average germination value of 90.5% for lot 01 and 93% for lot 02 at the dose of 25 g.ha⁻¹. In the first counting variable, the mean value was 58.50% at doses of 25 and 50 g.ha⁻¹. The values for the dry matter mass per seedling were 0.0021 in lot 01 and 0.0022 g / seedling in lot 02. There was significant difference between the different doses of zinc for the variables first count, germination speed index and emergency speed index, but only the emergency response rate responded satisfactorily to treatment with zinc at the dose of 25 g.ha⁻¹. By means of the observed values it is possible to recommend the application of the product Maxizinc in the dose of 25 g. ha⁻¹.

Keywords: *Sesamum indicum* L., Physiological potential, Zinc.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sementes de gergelim preto após o tratamento com diferentes doses de zinco. (Barra-1 cm).....	16
Figura 2. Análise de imagens; equipamento utilizado para obtenção das imagens.....	18
Figura 3. Obtenção das imagens de plântulas de gergelim preto aos seis dias, plântula marcada em amarelo representa como foi medido o comprimento das suas partes.....	19
Figura 4. Germinação de sementes de gergelim preto após o tratamento com o zinco.	20
Figura 5. Primeira contagem de germinação sementes de gergelim preto após o tratamento com zinco.	21
Figura 6. Índice de velocidade de germinação de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.....	22
Figura 7. Massa de matéria seca total (MMST) de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.....	23
Figura 8. Massa de matéria seca da parte aérea de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.....	24
Figura 9. Massa de matéria seca do sistema radicular de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.....	24
Figura 10. Emergência de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.	25
Figura 11. Índice de velocidade de germinação de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.....	25
Figura 12. Comprimento da parte aérea de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.	26
Figura 13. Comprimento do sistema radicular de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Doses de Zinco aplicadas a sementes de gergelim preto.....	16
Tabela 2. Caracterização inicial dos dois lotes de gergelim preto antes do tratamento das sementes com zinco.....	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Teor de água	16
4.1.1 Massa da matéria seca da semente	17
4.1.2 Peso de mil sementes	17
4.2 Germinação	17
4.2.1 Primeira contagem de germinação	17
4.3 Índice de velocidade de germinação (IVG):	17
4.4 Emergência	17
4.5 Índice de Velocidade de emergência	18
4.6 Massa de matéria seca de plântulas	18
4.7 Comprimento de plântulas	18
4.8 Análise estatística	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) é uma planta oleaginosa, pertencente à Família Pedaliaceae, é uma planta dicotiledônea, ordem Tubiflorae, subordem Solamineae, tribo Sesameae. A espécie teve sua origem na Índia, sendo considerada uma das oleaginosas mais antigas utilizadas pela humanidade (BELTRÃO; VIEIRA, 2001). O gergelim tem despertado interesse dos produtores por conta da facilidade de cultivo e tolerância à seca (OLIVEIRA, 2005). De acordo com Beltrão et al. (2010) a cultura apresenta uma ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas de clima tropical quente e tolerância a déficit hídrico.

No Brasil, a produção se concentra principalmente nas regiões Centro-oeste, Sudeste e Nordeste, no entanto, o país é considerado pequeno produtor de gergelim devido à produção ser em média de 15 mil toneladas em uma área total de 24 mil hectares (BARROS et al., 2011). Além de um bom potencial produtivo, a cultura também pode ser utilizada na prática de rotação e consorciação de culturas. Perin et al. (2010) relata que nos últimos anos o cultivo do gergelim pode ser encontrado nos sistemas tradicionais, como plantio direto ou convencional, sendo que em torno de 70% da produção de grãos é destinada ao processamento para obtenção de óleo e produtos alimentícios.

Deficiências nutricionais podem ocasionar diversos danos em processos metabólicos, resultando em desequilíbrio hormonal e alterações na fisiologia das plantas e, com isso redução da produção (TAIZ et al., 2017). Os micronutrientes de plantas, os quais inclui B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn são requeridos pelas plantas em concentrações muito baixas para seu pleno desenvolvimento e reprodução. Porém apesar das baixas concentrações dentro dos tecidos e dos órgãos das plantas os micronutrientes possuem papel semelhante aos macronutrientes para a nutrição delas. Agem em diversas partes da planta entre elas, constituintes das paredes celulares (B) e das membranas celulares (B, Zn), como constituintes de enzimas (Fe, Mn, Cu, Ni), como ativadores de enzimas (Mn, Zn) e na fotossíntese (Fe, Cu, Mn, Cl). (KIRKBY & RÖMHELD, 2007).

O Zinco desempenha importante papel durante a germinação das sementes e no crescimento inicial das plântulas, além de auxiliar na proteção contra patógenos de solo e infestação do sistema radicular por nematoides, proporcionando uma maior tolerância a estresses abióticos (CAKMAK, 2005). O zinco participa de reações da biossíntese de triptofano, sendo este precursor das moléculas de ácido indol-acético, que tem papel fisiológico na divisão celular e no crescimento de plântulas (TAIZ et al., 2017).

O tratamento de sementes para disponibilização de micronutrientes apresenta-se como uma opção eficiente em fornecer a nutrição necessária para o pleno estabelecimento da planta

em campo e tem sido recomendado para culturas como soja (Franco 2015), milho (Dias, 2013), trigo (OHSE et al., 2012), entre outras. No entanto, são escassas informações que permitem a utilização do tratamento de sementes pequenas, como a de gergelim, principalmente ao que se refere a dosagem adequada dos insumos e sua relação quanto ao potencial fisiológico das sementes após o tratamento. Desta forma, existe a necessidade de pesquisas para elucidar o efeito do tratamento e a absorção do Zn por sementes e, assim, permitir o entendimento da interferência deste elemento na fisiologia do desenvolvimento.

A utilização de sementes de qualidade é fundamental para se obter uma boa produção, já que, este insumo é ponto de partida para obter emergência e estande de plantas uniforme, requisitos básicos de uma lavoura com elevado potencial de produtividade. A produção e a qualidade fisiológica das sementes são diretamente dependentes da disponibilidade de nutrientes na lavoura, por ter relação com a formação do embrião e dos órgãos de reserva, bem como a composição química e, conseqüentemente, o metabolismo e o vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Atualmente, o potencial fisiológico das sementes é avaliado por testes tradicionalmente usados, como o teste de germinação e os testes de vigor, considerando-se os mais diversos princípios tais como: primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, entre outros Marcos Filho et al. (2009).

Técnicas de análise de imagens mostram-se adequadas na detecção de diferenças entre vigor de lotes de diversas espécies Marcos Filho et al. (2009), podendo ser utilizadas na avaliação do efeito do tratamento de sementes com micronutrientes de forma eficiente. A análise computadorizada de imagens de plântulas se apresenta como técnica eficiente na avaliação da qualidade de lotes de sementes de várias espécies, sendo um método de rápida resposta, com metodologia de simples execução, alto grau de reprodutibilidade e baixo custo (GOMES JUNIOR, 2009).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura do Gergelim

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) apresenta uma grande diversidade quanto às características morfológicas, podendo ser anual ou perene, com 0,50 a 3,00 m de altura, de caule ereto, com ou sem ramificações, com ou sem pêlo e com sistema radicular pivotante. As folhas apresentam-se alternadas ou opostas, sendo as da parte inferior da planta adulta mais largas irregularmente dentadas ou lobadas, enquanto que as da parte superior são lanceoladas. As flores são completas e axilares, variando de 1 a 3 por axila foliar. O fruto é uma cápsula alongada pilosa, podendo apresentar variedades deiscentes, indeiscentes e semi-deiscentes, em

que o comprimento médio pode variar de dois a oito centímetros de comprimento. A cor das sementes varia do branco ao preto, sendo estas pequenas e peso de mil sementes em torno de dois a quatro gramas, dependendo da cultivar e do ambiente (ARAÚJO et al., Embrapa 2007).

Apesar da adaptabilidade a lugares secos, o gergelim pode ser cultivado em regiões mais úmidas tropicais e subtropicais. As temperaturas ideais para o crescimento e desenvolvimento da planta situam-se entre 25°C e 30°C, inclusive para germinação das sementes (QUEIROGA et al., 2009).

O óleo extraído das sementes de gergelim é de excelente qualidade e pode ser utilizado na fabricação de torta, margarina, perfumes, lubrificantes, remédios e sabão. A torta apresenta teor de proteína em torno de 40% e de minerais cerca de 13% (SANTOS, 1982).

Os altos teores de ácidos graxos insaturados presentes no óleo e de proteína digestiva contidas no grão possibilita a utilização do gergelim como um alimento de alta qualidade para a dieta humana e de animais não ruminantes (AMABILE et al., 2001). Boa rentabilidade e facilidade de cultivo favorece a implantação da cultura do gergelim visando minimizar as dificuldades econômicas e alimentares das populações de baixa renda (BARROS et al., 2001).

2.2 Análise de imagens

A utilização da análise de imagens no processo de avaliação do desenvolvimento de plântulas reflete o avanço na intenção de aprimorar a obtenção dos dados de vigor e diminuição dos custos (GOMES JUNIOR, 2009). A técnica permite uma aquisição precisa dos dados, elimina a subjetividade por parte do analista, conferindo uma maior confiabilidade ao teste, além de disponibilizar o recurso de arquivamento facilitando a utilização em estudos futuros e o acesso facilitado dos dados sempre que preciso.

Através da análise de imagens de plântulas é possível inferir em relação ao vigor das sementes. A utilização da análise de imagens auxilia no entendimento dos diferentes aspectos do desenvolvimento de sementes, além de ser possível obter valor referente ao crescimento de plântulas e comprimento da raiz primária (KIKUTI, 2012).

Utilizando o software Image Processing and Analysis In Java (ImageJ®) Silva e Dotto (2017) obtiveram o potencial fisiológico e o comprimento de plântulas de forma automatizada, demonstrando a viabilidade em utilizar a análise de imagens, afim de minimizar as diversas limitações dos testes tradicionalmente usados.

2.3 Tratamento de Sementes

Segundo (PARISI; MEDINA, 2013) o tratamento de sementes é a aplicação de processos e substâncias que preservem ou aperfeiçoem o desempenho das sementes, permitindo a expressão máxima do potencial genético das culturas. Inclui a aplicação de defensivos (fungicidas, inseticidas e nematecidas), produtos biológicos (Trichoderma), inoculantes (bactérias do gênero *Rhizóbium* fixadoras de nitrogênio), estimulantes (hormônios), micronutrientes (Cu, Zn).

Realizar o tratamento nas sementes de gergelim utilizando micronutrientes requer técnicas, mas específicas por conta do menor tamanho e das pequenas dosagens que serão aplicadas comparadas a outras culturas em que é realizado o mesmo tratamento. O revestimento de sementes com nutrientes possibilita significativo aumento da quantidade de nutrientes da semente tratada, sendo empregado o termo “seed invigoration” para esta técnica (FAROOQ et al., 2009).

A aplicação de Zn via sementes constitui forma prática e eficaz de correção de deficiências (FUNGUETTO, 2006; OHSE *et al.*, 2000; RIBEIRO; SANTOS, 1996), tornando o elemento disponível para as plantas nos estádios iniciais de desenvolvimento, por conta da maior aproximação da zona de absorção da raiz, trazendo vantagens em relação à aplicação foliar ou via solo, tais como a melhor distribuição do elemento no solo e menores custos de aplicação. Os efeitos benéficos relacionados ao vigor das sementes logo após o tratamento com Zn são notáveis, o revestimento é uma das práticas mais interessantes e benéficas para aperfeiçoar o desempenho das sementes.

3 OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial fisiológico de sementes de gergelim preto após o tratamento com zinco.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará. Foram utilizados dois lotes de sementes de gergelim preto (*Sesamum indicum* L.), produzidos em Pentecoste - CE, na Fazenda Experimental Vale do Curu, pertencente à Universidade Federal do Ceará.

Foi realizado o tratamento das sementes com o zinco, por meio de uma suspensão líquida contendo óxido de zinco (ZnO), em produto com nome comercial Maxizinc (50% de capacidade de absorção de ZnO e densidade 1 g.cm⁻³), doado pela empresa Agrichem do Brasil.

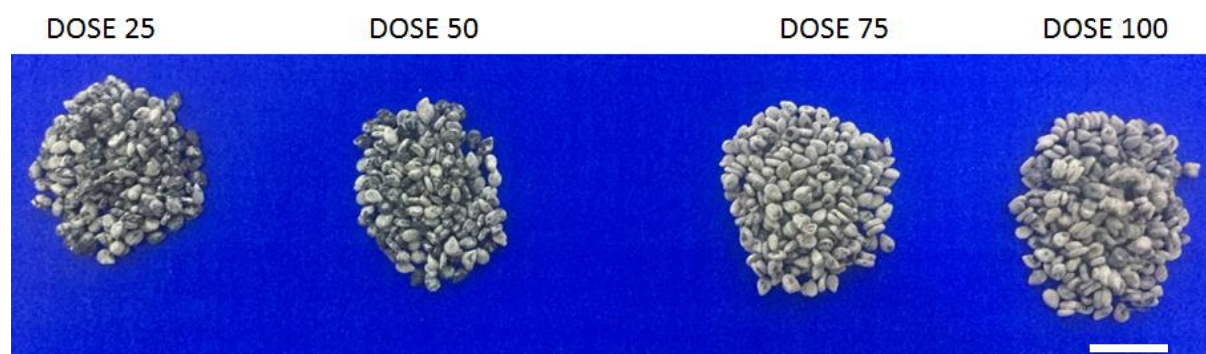
As doses foram estabelecidas considerando-se uma taxa de semeadura de 100.000 sementes por hectare, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Doses de Zinco aplicadas a sementes de gergelim preto.

Tratamentos	Maxi Zinc	Dose aplicada a 2000 sementes (mL)
1	Semente não tratada com Zn	0,0
2	25 g.ha ⁻¹	0,5
3	50 g.ha ⁻¹	1,0
4	75 g.ha ⁻¹	1,5
5	100 g.ha ⁻¹	2,0

Na Figura 1 é possível observar o aspecto do recobrimento das sementes de gergelim preto após o tratamento com zinco.

Figura 1. Sementes de gergelim preto após o tratamento com diferentes doses de zinco. (Barra-1 cm).



Fonte: elaborada pelo autor

Após o tratamento, as sementes foram acondicionadas em papel Kraft e mantidas em câmara fria, a 10° C, até o início da realização dos testes para avaliar o potencial fisiológico das sementes após o tratamento, sendo estes descritos a seguir.

4.1 Teor de água

Foi realizado conforme metodologia prescrita nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), pelo método da estufa, a 105 ± 3°C, durante 24 horas, utilizando-se duas repetições de 50 sementes para cada lote. Os resultados foram expressos em porcentagem com base na massa úmida das sementes.

4.1.1 Massa da matéria seca da semente

Foi determinado juntamente com o teor de água das sementes (Brasil, 2009). Em que foi realizado o peso médio final das quatro repetições de 50 sementes após secagem a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas. E os resultados são expressos em mg/semente.

4.1.2 Peso de mil sementes

Para a determinação do peso de mil sementes, foram utilizadas oito repetições contendo 100 sementes cada, em que quando o coeficiente de variação (CV) inferior a quatro por cento, realizou-se a média das amostras e então multiplicou-se por 10, e seu valor expresso em gramas (BRASIL, 2009).

4.2 Germinação

Realizado com quatro repetições de 50 sementes, em caixas de plásticas de 11 x 11 x 3,5 cm, sobre papéis umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel, mantidos em temperatura alternada de 20-30 °C, por seis dias. A avaliação das plântulas realizada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em percentagem média de plântulas normais para cada tratamento.

4.2.1 Primeira contagem de germinação

Foi realizada computando-se a porcentagem de plântulas normais no terceiro dia após a semeadura do teste de germinação, conforme descrição acima. De acordo com a RAS

4.3 Índice de velocidade de germinação (IVG):

Foram realizadas contagens diárias do número de plântulas normais até seis dias após a semeadura, calculando-se o IVG conforme fórmula de Maguire (1962).

$$\text{IVG} = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G1, G2, Gn = número de plântulas normais computadas na primeira, na segunda e assim por diante, até a última contagem;

N1, N2, Nn = número de dias após a semeadura, na primeira, na segunda e assim sucessivamente, até a última contagem.

4.4 Emergência

As sementes foram semeadas em bandejas de isopor com 200 células e mantidas em casa de vegetação durante seis dias. O suprimento de água às plântulas foi realizado diariamente. Após os seis dias, foi realizada a contagem do número de plântulas emergidas, e o resultado foi expresso em percentagem média de plântulas emergidas por tratamento.

4.5 Índice de Velocidade de emergência

Foi calculado de acordo com a fórmula de Maguire (1962), de acordo com o número de plântulas emergidas encontradas durante as contagens diárias.

4.6 Massa de matéria seca de plântulas

Logo após ser realizado o teste de germinação conforme descrição anterior ao sexto dia às plântulas normais foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação de ar sob temperatura de 65 °C por 48 horas. Em seguida, foi realizada a pesagem das amostras em balança de precisão (0,001 g). Os resultados foram expressos em gramas por plântula.

4.7 Comprimento de plântulas

Logo após ser realizado o teste de germinação ao sexto dia as plântulas normais, anormais e sementes mortas foram transferidas para papel A3 de coloração azul e capturadas as imagens em escâner modelo HP Scanjet 2004, adaptado de maneira invertida dentro de uma caixa de alumínio (Figura 2). As imagens foram digitalizadas, em 300 dpi e armazenadas para posterior análise.

Figura 2. Análise de imagens; equipamento utilizado para obtenção das imagens.



Fonte: elaborada pelo autor

Foi realizada a mensuração das plântulas com o auxílio do software de processamento e análise de imagens digitais ImageJ[®] como ferramenta para medição, a medição foi realizada por partes de plântula, considerando-se parte aérea (do ápice foliar até o colo) e

sistema radicular (do colo até o ápice radicular), e os resultados foram expressos em cm plântula⁻¹ (Figura 3).

Figura 3. Obtenção das imagens de plântulas de gergelim preto aos seis dias, plântula marcada em amarelo representa como foi medido o comprimento das suas partes.



Fonte: elaborada pelo autor

4.8 Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), consistindo de cinco tratamentos e quatro repetições de 50 sementes. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância que, quando significativo pelo Teste F, foi realizada a análise de regressão, utilizando o sistema computacional SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de água e peso de mil sementes

É possível observar na Tabela 1 que o as sementes do lote 02 apresentou maior percentual de teor de água do que o lote 01, houve uma variação de apenas 0,1%, sendo respectivamente 4,7% e 4,8% para cada lote. O peso de mil sementes foi similar entre os lotes, indicando uma uniformidade do tamanho das sementes, visto que a quantidade de água tem influência direta nessa variável, e os dois lotes estavam com teores parecidos, e também de seu estado de maturação (BRASIL, 2009). Os dados referentes ao acúmulo de massa seca das sementes foram semelhantes entre os dois lotes, o mesmo comportamento foi observado para o teor de água e peso de mil sementes.

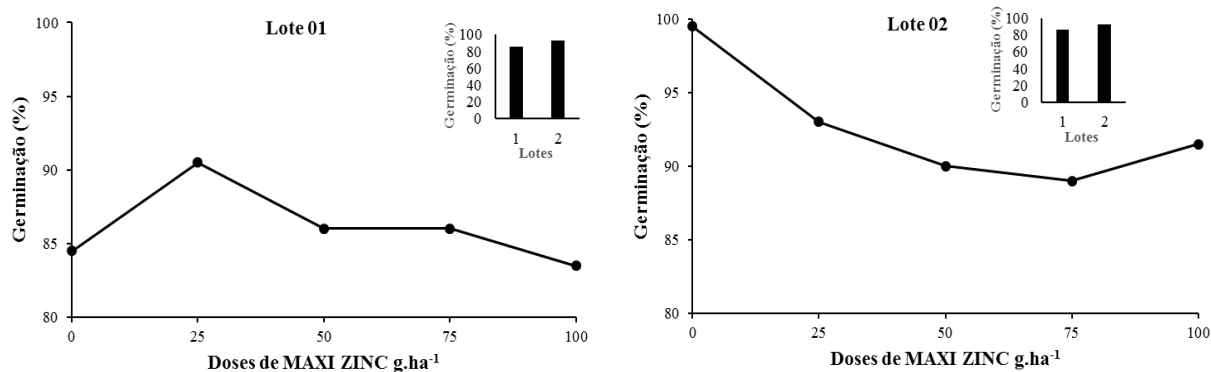
Tabela 2. Caracterização inicial dos dois lotes de gergelim preto antes do tratamento das sementes com zinco.

Lote	Teor de água (%)	Peso de mil sementes (g)	Massa seca (mg)
1	4,7	2,43	0,46
2	4,8	2,54	0,48

Fonte: elaborada pelo autor

Na Figura 4 é possível verificar os dados referentes a porcentagem de germinação de sementes de gergelim preto para os dois lotes, após o tratamento com o zinco em diferentes dosagens. A germinação de sementes é uma sequência de eventos que envolve a hidratação das sementes secas, ativação do metabolismo celular, seguida de síntese, secreção e realocização de enzimas hidrolíticas e degradação de sementes macromoléculas por hidrolases recém sintetizadas e armazenadas (SCHMITT et al., 2013).

Figura 4. Germinação de sementes de gergelim preto após o tratamento com o zinco.



Fonte: elaborada pelo autor

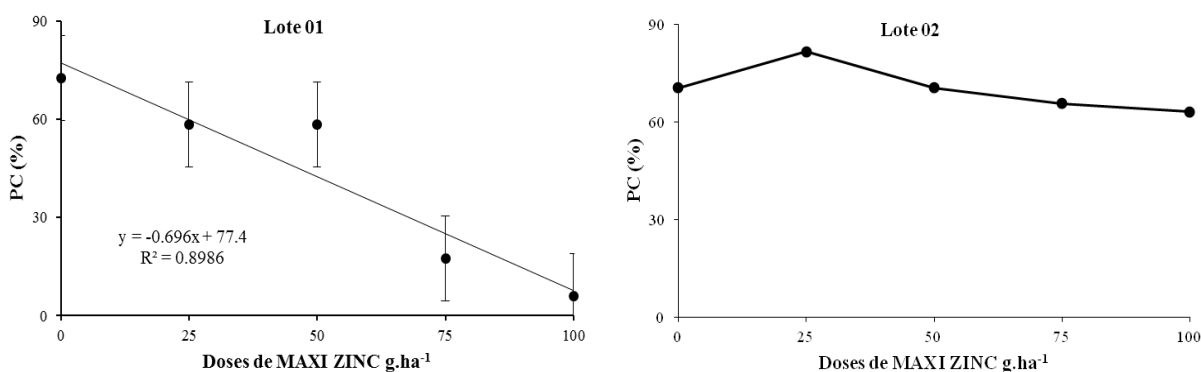
Após o tratamento com Zn, a dose 0 (sementes que não foram tratadas) apresentou uma taxa de germinação de 84,5% no lote 01, as sementes quando submetidas ao tratamento com doses de Zn não diferiram estatisticamente entre si, para a variável de germinação.

Resultados diferentes deste trabalho foram observados por Oshe et al. (2012) utilizando como fonte de Zn o sulfato de zinco 22,74% de Zn para tratamento de sementes de melancia, em que na dose de 0,95 g de Zn g⁻¹ ocorreu a maior porcentagem de germinação (72%). Mabrouk et al. (2019) observou em seus estudos redução da germinação de sementes de feno-grego após a exposição a tratamentos com diferentes doses de Zn e afirmou que essa

redução ocorreu devido a um efeito na mobilização de reservas orgânicas e minerais de cotilédones após um declínio de α e β -amilase, enzimas essas que são produzidas durante a germinação e auxiliam disponibilizando substratos para utilização da plântula até que ela se torne fotossinteticamente auto-suficiente.

É possível observar na Figura 5 para a variável de primeira contagem de germinação de sementes de gergelim preto após receberem o tratamento com diferentes doses de Zn, comportamento semelhante ao observado para a germinação. Havendo uma redução com o aumento das doses de Zn no lote 1, os dados se ajustaram melhor ao modelo de regressão linear. Não houve diferença para o lote 2 nas diferentes doses de Zn aplicadas nas sementes de gergelim preto. O teste de primeira contagem de germinação demonstrou-se sensível em avaliar as diferenças de vigor entre os lotes de gergelim preto (Figura 5), bem como a interação das diferentes doses quando aplicadas via semente para o lote 1.

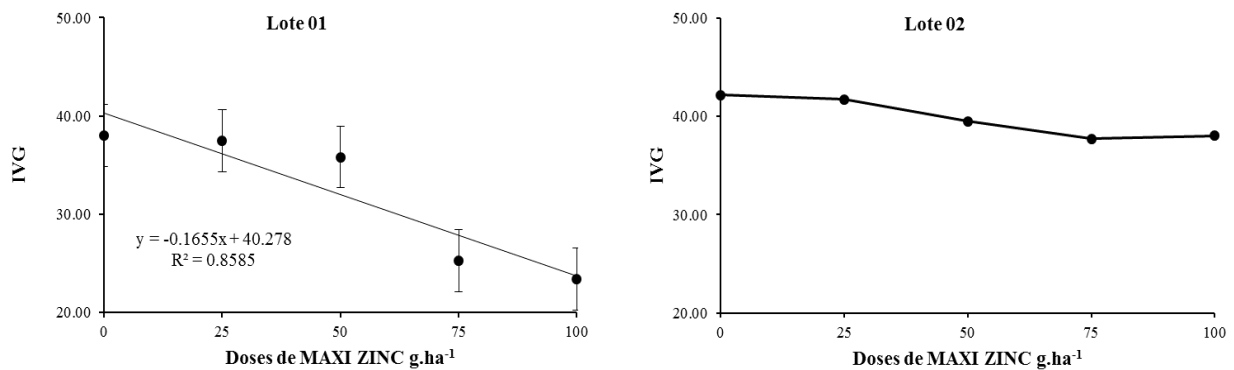
Figura 5. Primeira contagem de germinação sementes de gergelim preto após o tratamento com zinco.



Fonte: elaborada pelo autor

É possível observar na Figura 6 o índice de velocidade de germinação ao longo dos seis dias após a semeadura. O índice de velocidade de germinação (IVG) é um teste utilizado para mensurar o vigor de lotes de sementes, desta forma quanto maior o índice, maior será a velocidade de germinação das sementes (OLIVEIRA et al. 2015).

Figura 6. Índice de velocidade de germinação de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.



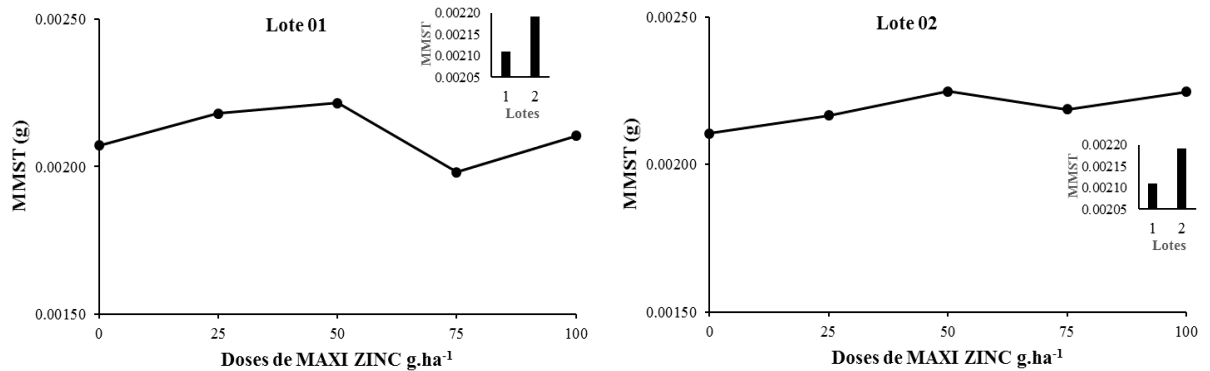
Fonte: elaborada pelo autor

As sementes do lote 1 apresentaram valores semelhantes nas doses 0, 25 e 50 g.ha⁻¹, houve redução a partir da dose de 75g.ha⁻¹ mostrando assim, o efeito tóxico causado pelo zinco em altas concentrações.

É possível observar que a germinação é maior para o lote 2 por ser mais vigoroso (Figura 4), por esse motivo não teve suas características de vigor alteradas, não havendo diferença em relação às doses de zinco aplicadas nas sementes para o índice de velocidade de germinação, os valores médios de velocidade de germinação observados variaram de 37,48 até 23,42. Oliveira *et al.*, (2010) observou aumento da velocidade de germinação após o tratamento com Zn em sementes de mamona.

Para a variável massa seca total das plântulas que é representada pelo somatório da massa seca da parte aérea e sistema radicular não houve significância entre as diferentes doses de Zn, esse comportamento o lote 2 por ter um maior potencial fisiológico não sofreu influência das diferentes doses de Zn (Figura 7).

Figura 7. Massa de matéria seca total (MMST) de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.

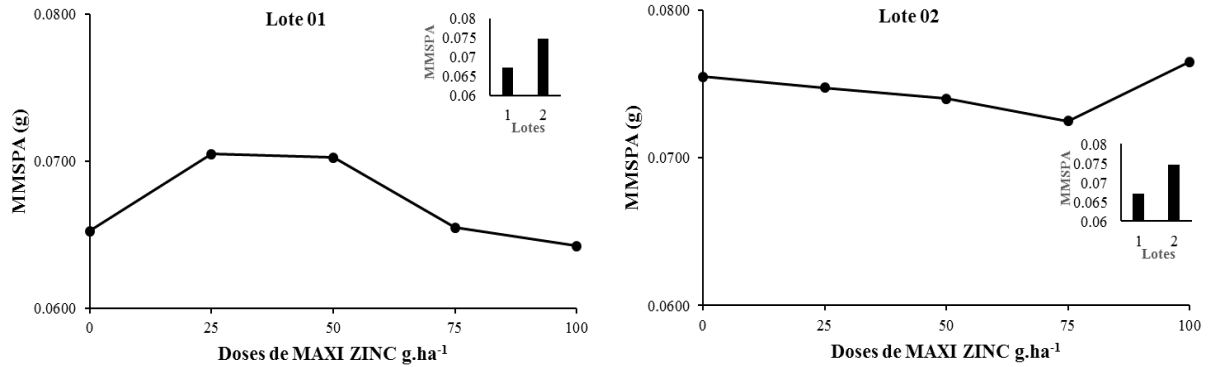


Fonte: elaborada pelo autor

Oshe et al. (2012) observou redução da massa de matéria seca total em plântulas de melancia, com o aumento da dose de Zn aplicada nas sementes, sendo que ao utilizar a maior dose ocorreu redução de 45% em relação a testemunha. Não houve diferença estatística entre as diferentes doses de Zn nos dois lotes, os valores observados no lote 2 confirmam o seu maior vigor, onde houve variação de 0,00211 g/plântula até 0,0025 g/plântula. Prado et al. (2007), concluíram em seu trabalho que a utilização de Zn em sementes de milho promoveu o incremento da massa de matéria seca total.

Não houve diferença significativa entre as doses para os dois lotes (Figura 8). O lote 2 apresentou maiores valores de biomassa da parte aérea em comparação com o lote 1. O zinco participa da síntese do triptofano, aminoácido precursor do AIA (ácido indolacético – auxina), hormônio promotor de crescimento em plantas (KIRKBY & ROMHELD 2007), porém em quantidades elevadas possui efeito negativo para o desenvolvimento das plantas.

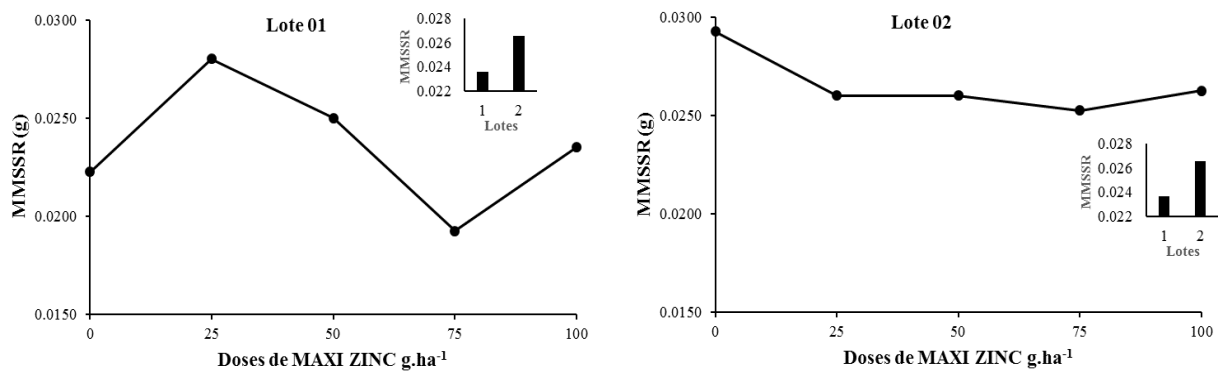
Figura 8. Massa de matéria seca da parte aérea de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.



Fonte: elaborada pelo autor

No lote 1 o valor médio observado foi de 0,0023 g/plântula e 0,0028 g/plântula (Figura 9). O lote 1 por ser menos vigoroso que o lote 2 apresentou valores médios para a variável de massa de matéria seca de raiz menor que lote 2.

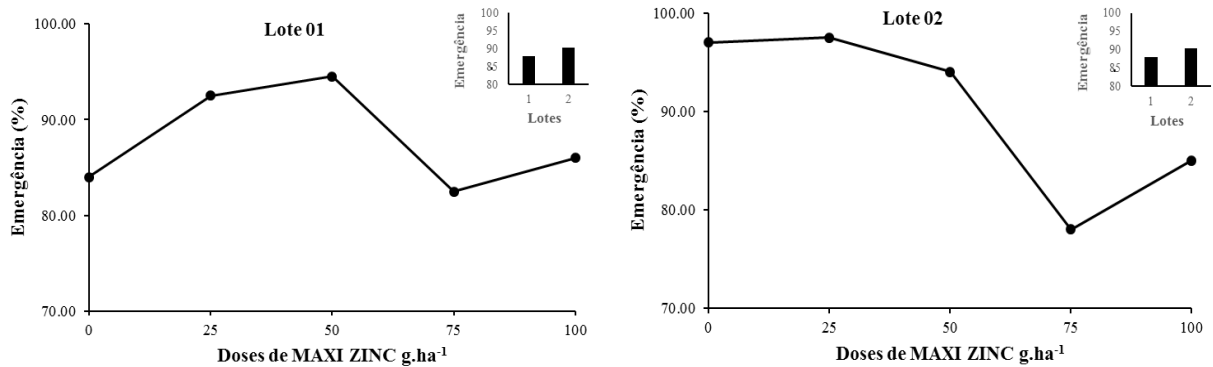
Figura 9. Massa de matéria seca do sistema radicular de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.



Fonte: elaborada pelo autor

O teste de emergência apresentou comportamento semelhante ao de germinação, em que não houve interação entre as diferentes doses de Zn para os dois lotes de sementes de gergelim preto (Figura 10). As características de maior vigor referente ao lote 2 puderam ser observadas no teste de emergência, em que as sementes são submetidas a condições similares as encontradas em campo.

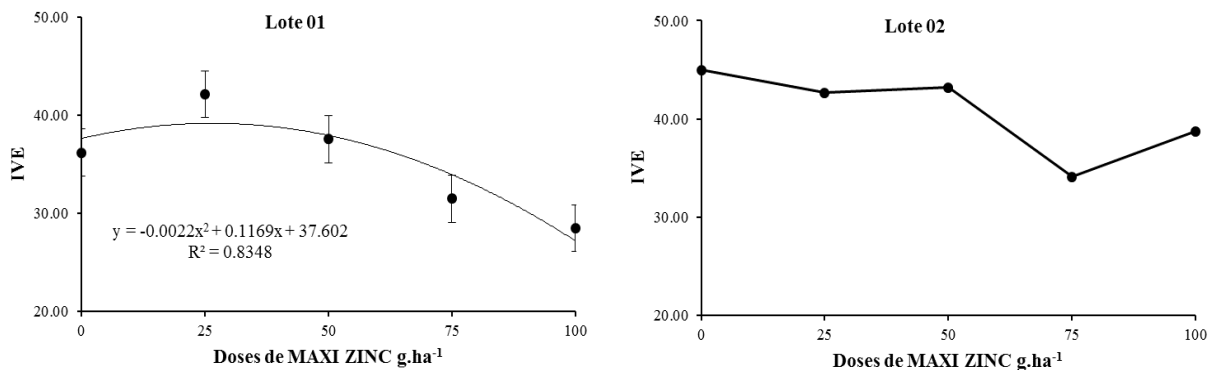
Figura 10. Emergência de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.



Fonte: elaborada pelo autor

Para a variável índice de velocidade de emergência, os valores referente ao lote 1 observou-se um melhor ajuste ao modelo polinomial de segunda ordem. O lote 1 por apresentar menor vigor houve um pequeno aumento do índice de velocidade de emergência na dose de 25 g.ha⁻¹ (Figura 11). Ainda no lote 1 foi possível observar que nas doses de 25 e 50 g.ha⁻¹ de Zn, mesmo após a redução da velocidade de emergência, houveram plantas que conseguiram se desenvolver.

Figura 11. Índice de velocidade de germinação de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.



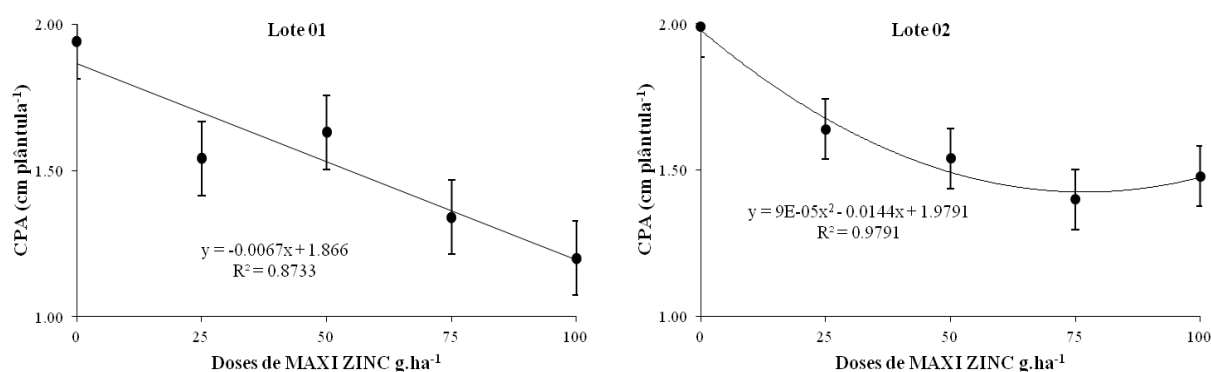
Fonte: elaborada pelo autor

Porém nas doses seguintes ocorreu redução no índice de velocidade de emergência, comportamento semelhante foi observado para o teste de velocidade de germinação. O lote 2 por ser mais vigoroso não respondeu ao tratamento com doses de Zn, o teste de emergência é

considerado o melhor indicativo para inferir sobre o vigor de lotes, pois as sementes são submetidas a condições similares a encontrada no campo durante a execução do teste.

Na Figura 12 é possível observar o comprimento da parte aérea de plântulas de gergelim e a influência das diferentes doses de Zn. Houve uma diminuição do comprimento da parte aérea de plântulas e conseqüentemente a redução do potencial fisiológico das sementes de gergelim preto no lote 1, após o tratamento com diferentes doses de Zn.

Figura 12. Comprimento da parte aérea de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.



Fonte: elaborada pelo autor

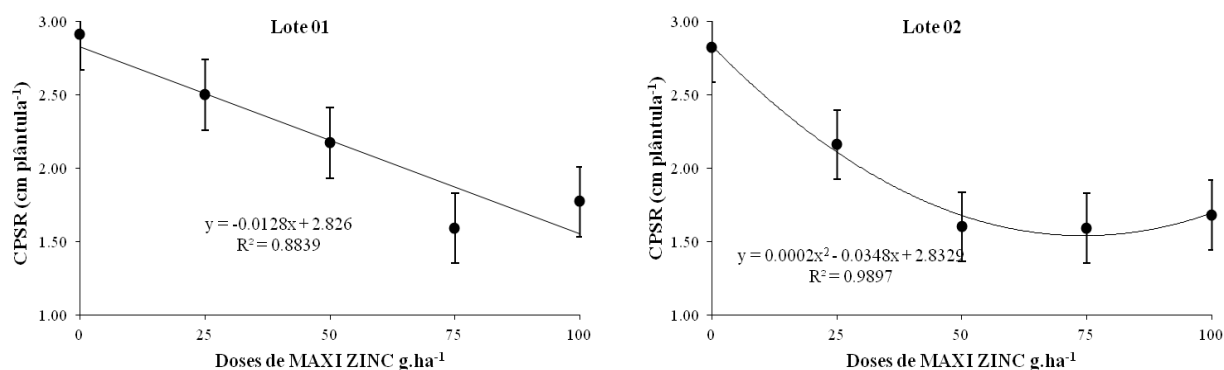
Os valores médios observados variaram entre 1,94 cm/plântula⁻¹ referente a testemunha e 1,20 cm/plântula⁻¹ referente a dose 100 g.ha⁻¹. As doses de Zn influenciaram de forma negativa o comprimento da parte aérea para os dois lotes, desta forma é possível inferir que as sementes do lote 1 por apresentarem menor vigor produziram plântulas com menor comprimento.

A variável de comprimento do sistema radicular apresentou comportamento semelhante ao observado para a parte aérea (Figura 13), onde a testemunha apresentou o maior comprimento de sistema radicular para os dois lotes. As plântulas nos dois lotes apresentaram menor comprimento de raiz à medida que se aumentou as doses de Zn.

Wang et al. (2009) ao avaliar a influência de diferentes concentrações de Zn em plântulas de Canola, verificou que doses elevadas de Zn causaram desequilíbrio nutricional e estresse oxidativo, o que contribuiu para danos às raízes, diminuição da atividade fotossintética e redução do crescimento e morte das plantas. Santos (2014) observou em seus estudos que em doses elevadas de Zn houve uma maior redução da parte aérea do que da raiz. Isso pode ser por conta da redução das taxas fotossintéticas, com o decréscimo de fotoassimilados, como os açúcares solúveis favorecem a redução da massa seca. O desequilíbrio provocado pelo aumento

das doses de Zn afeta diversos sistemas homeostáticos iônicos (ROUT; DAS, 2003), afetando diretamente o pleno desenvolvimento das plântulas, como pode ser observado para as variáveis de comprimento de raiz e emergência de plântulas de gergelim preto.

Figura 13. Comprimento do sistema radicular de plântulas de gergelim preto após o tratamento com zinco.



Fonte: elaborada pelo autor

O Zn é um nutriente essencial para as plantas e desempenha um papel importante no crescimento, possui um efeito estabilizador e protetor nas biomembranas. Sendo capaz de melhorar a integridade das biomembranas favorecendo a fotossíntese (CAKMAK, 2000). Ozturk et al., (2006) ao avaliar sementes de trigo verificou que o maior acúmulo de Zn durante o desenvolvimento das sementes se dá no estágio inicial de formação de sementes, tendo uma maior concentração de Zn é localizada no embrião e aleurona.

Os resultados encontrados por Ozturk et al., (2006) fornecem fortes evidências de que o Zn é altamente móvel durante a germinação de sementes, a aleurona é uma substância proteica de reserva, em forma de grânulos, presente nas células do albume das sementes e que alimenta o embrião nas primeiras fases de crescimento. Os resultados do presente estudo mostram que o tratamento com diferentes doses do zinco no lote 1 favoreceu o aumento do seu potencial fisiológico.

Houve diferença significativa entre as diferentes doses do zinco para as variáveis de primeira contagem, índice de velocidade de germinação e índice de velocidade de emergência, porém somente o índice de velocidade emergência respondeu de forma satisfatória ao tratamento com zinco na dose de 25 g.ha⁻¹, após essa dose notou-se uma diminuição da velocidade de emergência das plântulas, esse comportamento pode ser explicado pelo fato do Zn se concentrar na região do embrião durante o processo de germinação, doses maiores que 25 g.ha⁻¹ possuem efeito negativo no estabelecimento de plântulas em condições de campo.

6 CONCLUSÃO

As sementes tratadas na dose de 25 g. ha⁻¹ originaram plântulas com maior índice de velocidade de germinação e emergência, sendo essa dose a mais eficiente para o tratamento de sementes de gergelim preto para lotes de baixo vigor.

REFERÊNCIAS

- AMABILE, Renato Fernando et al. CNPA G3: nova opção de gergelim para a região do Distrito Federal. **Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2001.
- BARROS, M.A.L.; SANTOS, R.B.; BENATI, T.; FIRMINO, P.T. Importância
- BELTRÃO, NE de M. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica, 2001.
- CAKMAK, Ismail. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, n. 4, p. 521-530, 2005.
- CARVALHO, NM de et al. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 2000.
- DIAS, Marcos Altomani Neves. **Tratamento de sementes de milho com zinco e cobre**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- DOS SANTOS, Romildo Albuquerque; HAAG, Henrique Paulo; MINAMI, Keigo. Nutrição mineral do gergelim (*Sesamum indicum* L.): I-concentração e acúmulo de macronutrientes em condições de campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 39, n. 2, p. 961-994, 1982.
- econômica e social. In: BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, D.J. **O agronegócio do**
- FRANCO, Guilherme de Castro. **Tratamento de sementes de soja com níquel para o aumento da fixação biológica e atividade da urease**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- FUNGUETTO, Claudete Izabel. Recobrimento de sementes de arroz irrigado com zinco. 2006. **gergelim no Brasil**. EMBRAPA, Brasília, 2001. p.21-35.
- GOMES JUNIOR, F.G.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; McDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. Evaluation of priming effects on sweet corn seeds by SVIS. **Seed Technology**, v.31, n.1, p.95-100, 2009.
- HONORATO DE OLIVEIRA, Rosa et al. Potencial fisiológico de sementes de mamona tratadas com micronutrientes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, 2010.
- KIKUTI, Ana Lucia Pereira et al. Testes de vigor em sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 44-50, 2012.
- KIRKBY, Ernest Arnold; RÖMHELD, Volker. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agronômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

- MABROUK, B. et al. Salicylic acid alleviates arsenic and zinc toxicity in the process of reserve mobilization in germinating fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds. **South African Journal of Botany**, v. 124, p. 235-243, 2019.
- MARCOS FILHO, Julio; KIKUTI, Ana Lúcia Pereira; DE LIMA, Liana Baptista. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de sementes**, v. 31, n. 1, 2009.
- MULLER, F.; SANTOS, R.F.; SILVEIRA, L. da .; JÚNIOR, E. **A cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.)** Anais da X SEAGRO – Agronomia Cascavel PR, 2006.
- OHSE, Silvana et al. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. **Revista da FZVA**, v. 8, n. 1, 2000.
- OHSE, Silvana et al. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Journal of Seed Science**, v. 34, n. 2, 2012.
- OHSE, Silvana et al. Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. **Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 49-58, 2012.
- OLIVEIRA, Anna Christina Sanazário et al. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **InterSciencePlace**, v. 1, n. 4, 2015.
- OZTURK, Levent et al. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. **Physiologia Plantarum**, v. 128, n. 1, p. 144-152, 2006.
- PARISI, João José Dias; MEDINA, Priscila Fratin. Tratamento de sementes. **Instituto Agrônomo de Campinas**, 2013.
- PERIN, A.; CRUVINEL, D.J.; SILVA, J.W.; Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.93-98, 2010.
- QUEIROGA, V. de P. et al. **Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores**, Revista Agro ambiente On-line, v. 4, n. 1, p. 27-33 jan-jun, 2010.
- QUEIROGA, V. de P.; GONDIM, TM de S.; QUEIROGA, Diego Antonio Nóbrega. Tecnologias sobre operações de semeadura e colheita para a cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: **Embrapa Algodão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Revista Agro@ambiente On-Line, v. 3, n. 2, p. 106-121, jul./dez., 2009., 2009.
- ROUT, Gyana Ranjan; DAS, Premananda. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. In: **Sustainable agriculture**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 873-884.
- SANTOS, Jacqueline Oliveira dos. Deficiência e excesso de zinco em mudas de cafeeiro: metabolismo de carboidratos e respostas antioxidantes. 2014.

SCHMITT, Mark R.; SKADSEN, Ronald W.; BUDDE, Allen D. Protein mobilization and malting-specific proteinase expression during barley germination. **Journal of cereal science**, v. 58, n. 2, p. 324-332, 2013.

SILVA, V. N.; DOTTO, L. Análise de imagens para avaliação do crescimento de plântulas de arroz. **Agrarian Academy**, Goiânia, v.4, n.7; p. 39, 2017.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TEIXEIRA, Raquel M. et al. Effects of central administration of tachykinin receptor agonists and antagonists on plus-maze behavior in mice. **European journal of pharmacology**, v. 311, n. 1, p. 7-14, 1996.

WANG, Chao et al. The effect of excess Zn on mineral nutrition and antioxidative response in rapeseed seedlings. **Chemosphere**, v. 75, n. 11, p. 1468-1476, 2009.