

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

FERNANDA MARTINS DE SOUZA SAMPAIO

**TOLERÂNCIA AO ESTRESSE TÉRMICO EM SEMENTES DE ALFACE EM
FUNÇÃO DO TRATAMENTO COM SELÊNIO**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

FERNANDA MARTINS DE SOUZA SAMPAIO

**TOLERÂNCIA AO ESTRESSE TÉRMICO EM SEMENTES DE ALFACE EM
FUNÇÃO DO TRATAMENTO COM SELÊNIO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: Trabalho Científico.**

Orientador: Laércio Junio da Silva

Coorientadores: Reginaldo Castro de Souza Júnior

Wander Douglas Pereira

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

FERNANDA MARTINS DE SOUZA SAMPAIO

**TOLERÂNCIA AO ESTRESSE TÉRMICO EM SEMENTES DE ALFACE EM
FUNÇÃO DO TRATAMENTO COM SELÊNIO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte
das exigências para a obtenção do título de
Engenheira Agrônoma. Modalidade: Trabalho
Científico.**

APROVADO: 29 de novembro de 2017.

Prof. Laércio Junio da Silva
(orientador)
(UFV)

"Agir, eis a inteligência verdadeira.

Serei o que quiser.

Mas tenho que querer o que for.

**O êxito está em ter êxito,
e não em ter condições de êxito"**

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela força que Ele me dá para vencer os obstáculos do dia a dia e iluminar minhas decisões. Agradeço aos meus pais, por me ensinarem os valores primordiais da vida e por darem o melhor que eles tinham para oferecer. Agradeço a minha irmã, familiares e amigos, pelos momentos de descontração e por estarem comigo nessa caminhada.

Agradeço também ao meu orientador Laércio Junio da Silva, pelo direcionamento neste trabalho e pela paciência. Aos meus coorientadores, Reginaldo e Wander, por toda ajuda e ensinamentos no dia a dia do laboratório e neste presente trabalho.

Por fim, agradeço à todos que de alguma forma contribuíram com a minha formação e para a realização deste trabalho.

RESUMO

A temperatura tem sido considerada como um dos principais fatores responsáveis pela porcentagem final de germinação das sementes e crescimento das plântulas. As temperaturas ótimas para a germinação das sementes de alface variam entre 15 °C e 20 °C. Fora dessa faixa de temperatura, a taxa de germinação das sementes e o crescimento de plântulas podem reduzir. O selênio, dependendo da dose, pode agir como um antioxidante, diminuindo o efeito do estresse térmico, e podendo estimular o crescimento da planta. Assim, o objetivo deste trabalho, foi avaliar os possíveis efeitos durante a aplicação de selênio em sementes de alface submetidas a variações de temperatura na germinação e no crescimento inicial das plântulas. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG. Foram utilizadas sementes de alface não tratadas da cultivar Regina de Verão. Os tratamentos consistiram na aplicação ou não de selênio ao substrato papel *germitest*. Como fonte de selênio foi empregado o selenato de sódio (Na_2SeO_4), na concentração 50 μM de selênio. As sementes foram submetidas a teste de germinação e crescimento de plântulas. Em geral, a germinação das sementes de alface foi reduzida em função da alta temperatura, mesmo com a aplicação do selênio ao substrato. Até 25 °C, foi observado aumento na velocidade de germinação. Além disso, à 10 °C, observou-se maiores médias de T50 para o tratamento com selênio, quando comparado ao controle (substrato umedecido com água). Já para a taxa de germinação, nota-se uma tendência inversa nas temperaturas extremas (10 e 30 °C). Para os parâmetros de comprimento de plântulas, nas temperaturas intermediárias, principalmente no tratamento com selênio à 20 °C, foi observado tendência de maiores médias, e na relação parte aérea/raiz foram obtidos resultados similares para os dois tratamentos, em todas as temperaturas. Assim, pode-se concluir que o estresse térmico, em baixas e altas temperaturas, reduz a germinação das sementes e o crescimento das plântulas de alface. A aplicação de selênio contribuiu para o aumento na velocidade de germinação em baixa temperatura, porém nas sementes submetidas ao estresse por alta temperatura, o selênio mostrou-se prejudicial à germinação das sementes e ao crescimento das plântulas de alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., selenato de sódio, efeito antioxidante.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
Germinação.....	12
Crescimento.....	13
Análise estatística.....	13
3 RESULTADOS.....	14
4 DISCUSSÃO.....	18
5 CONCLUSÃO.....	20
6 REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), é uma cultura que pode ser plantada o ano todo, dependendo da cultivar, sendo as folhas o produto consumido. Tem como provável centro de origem o sul da Europa e o oeste da Ásia. Depois de ser difundida por toda Europa, foi introduzida nas Américas, sendo então trazida ao Brasil, no ano de 1647, com a vinda dos portugueses (Ryder & Witaker, 1976). É uma planta de porte herbáceo, caule reduzido e não ramificado com folhas grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de uma cabeça. Possui sistema radicular pivotante de ramificações finas e curtas, podendo atingir até 60 cm de profundidade, explorando efetivamente de 15 a 20 cm do perfil do solo (Marouelli *et al.*, 1994; Goto, 1998).

De acordo com Oliveira *et al.* (2004), a alface é a principal hortaliça folhosa comercializada e consumida pela população brasileira devido, principalmente, à facilidade de aquisição e à produção durante o ano todo. É uma hortaliça que merece especial interesse, não só pela sua importância alimentar como também pelo seu valor nutracêutico, apresentando elevados teores de vitaminas e sais minerais, e com baixo teor calórico (Katayama, 1993; Oshe *et al.*, 2001). No Brasil tem uma área plantada de aproximadamente 42.000 ha, sendo os maiores produtores desta hortaliça os municípios de Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim, Salesópolis e Suzano no estado de São Paulo (Cardoso, 2000).

A alface é uma planta muito sensível às condições climáticas, fatores como fotoperíodo, intensidade de luz, concentração de dióxido de carbono (CO₂), e, particularmente, a temperatura influenciam acentuadamente no crescimento e no desenvolvimento da planta de alface (Panduro, 1986; Muller, 1991). Sendo originária de clima temperado, sua adaptação a locais de temperatura e luminosidade elevadas tem gerado obstáculos ao seu crescimento impedindo que ela expresse todo seu potencial genético (Bezerra Neto *et al.*, 2005), produzindo melhor nas épocas mais frias do ano (Lopes *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2004).

O cultivo da alface é intensivo e atualmente o mercado sementeiro de alface é estimado em torno de US\$ 2.000.000,00/ano (Costa & Sala, 2005). O plantio da alface é feito por meio de sementes para a produção de mudas, as quais apresentam particular sensibilidade às variações na umidade e temperatura do meio onde germinam, podendo ser afetadas a germinação e vigor (Bertagnolli *et al.*, 2003). Os fatores externos que têm influência direta sobre a germinação das sementes são o oxigênio, temperatura e a água. Dentre esses diversos

fatores do ambiente, a temperatura tem sido considerada como um dos principais responsáveis tanto pela porcentagem final de germinação como pelo índice de velocidade (IVG), por afetar especialmente a velocidade de absorção de água, e a reativação das reações metabólicas, fundamentais aos processos de mobilização de reservas e a retomada de crescimento da radícula (Bewley *et al.*, 2013). As sementes de alface podem sofrer termo-inibição quando embebidas a temperaturas acima de 30 °C (Bertagnolli *et al.*, 2003).

A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica é pré-requisito para se obter produção de mudas com elevada qualidade, alcançando um ótimo estabelecimento de plântulas em campo e, conseqüentemente, para se obter alta produtividade. Sementes de alto potencial fisiológico são essenciais para que ocorra germinação rápida e uniforme, devido a sua influência no desempenho inicial das plantas (Marcos Filho, 1999).

O Brasil é um país de condições climáticas diversificadas entre suas regiões, pois apresenta variações de temperatura que podem causar estresse, alterando processos bioquímicos e fisiológicos nas sementes, que, conseqüentemente, acarretarão problemas na produtividade das culturas (Marini *et al.*, 2012). Cada espécie possui uma faixa de temperatura limitante e ótima, não somente para o percentual final de germinação, como também para a velocidade de germinação em que esta irá ocorrer (Socolowski & Takaki, 2004). Para a alface, o melhor desenvolvimento tem sido observado em temperaturas oscilando entre 15 °C e 20 °C (Brunini *et al.*, 1976; Cásseres, 1980).

Nos últimos anos, tem-se observado crescente aumento no número de cultivares de alface. A cultivar Regina mudou o padrão de alface lisa repolhuda para o tipo sem cabeça e ainda permitiu ampliar o período de cultivo da alface no verão onde as condições climáticas limitavam seu cultivo. A experiência bem-sucedida do cultivo da alface Regina, sem a formação de cabeça, foi o primeiro exemplo de sucesso e que permitiu o cultivo da alface no período de verão, sob elevada pluviosidade (Sala & Costa, 2012).

A influência da temperatura na germinação é complexa, porque ela afeta cada passo do processo germinativo (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989), sendo um dos fatores mais críticos (Verma *et al.*, 2010). Altas temperaturas afetam a germinação de culturas como o aipo (Brocklehurst *et al.*, 1982; 1983), a alface (Nascimento, 2002) e a cenoura (Cantliffe & Elballa, 1994). O calor influencia a fotossíntese, componentes da membrana, conteúdo de proteína celular e atividade enzimática antioxidante. Morfologicamente, o frio prolonga o tempo de germinação, reduz a taxa germinativa, e enfraquece as plântulas jovens (Crèvecoeur *et al.*, 1983). Fisiologicamente, o frio interrompe o equilíbrio metabólico das células.

Essas temperaturas extremas induzem um estresse oxidativo na planta causado pela geração e acumulação de ânion superóxidos (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e radicais hidroxila (OH^\cdot), que são comumente conhecidos como espécies reativas de oxigênio (EROs) (Gill & Tuteja, 2010). EROs são altamente tóxicas, sendo citotóxicas e podendo reagir com várias biomoléculas, como lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, causando peroxidação lipídica, desnaturação protéica e mutações no DNA (Quiles & López, 2004). Para aliviar o dano oxidativo, as plantas desenvolveram um sistema de defesa enzimático para desintoxicar as EROs, convertendo-as em químicos menos reativos (Fu et al, 2017). O sistema enzimático antioxidativo inclui as enzimas superóxido dismutase (SOD) que cataliza a dismutação do O_2^- para H_2O_2 . Então, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é convertido em H_2O e O_2 pela ação da catalase (CAT) (Candan & Tarhan, 2003).

O selênio (Se) não é um elemento essencial às plantas, entretanto, é acumulado em diferentes órgãos (Broadley *et al.*, 2006). O teor de selênio no solo varia consideravelmente, e sua disponibilidade em solos agrícolas geralmente é baixa, por isso, o selênio é usado como fertilizante (Fordyce, 2013). As plantas diferem em suas habilidades de acumular selênio em seus tecidos. Algumas plantas nativas são capazes de hiperacumular selênio em seus brotos quando crescem em solos seleníferos. Estas espécies são chamadas de acumuladoras. Por outro lado, a maioria das plantas forrageiras e de culturas, bem como gramíneas, não acumulam selênio quando crescem em solos seleníferos. Estas plantas são referidas como não acumuladoras (Brown & Shrift, 1982).

Há indícios crescentes de que o selênio pode ter funções biológicas benéficas em plantas superiores (Xue *et al.*, 2001). Hartikainen *et al.* (2000) demonstraram que, dependendo da dosagem, o selênio exerce um efeito duplo em azevém. Em baixas concentrações, age como um antioxidante e pode estimular o crescimento da planta, enquanto que em altas concentrações age como um pró-oxidante, reduzindo os rendimentos e podendo ser tóxico. O efeito antioxidante do selênio foi relacionado a uma melhoria da atividade das enzimas GSH-Px e SOD, e decréscimo da peroxidação lipídica em plantas tratadas com selênio, como a alface (Xue *et al.*, 2001).

Assim, o selênio poderia ser utilizado como estimulador do sistema de defesa antioxidativo nas sementes de alface, aumentando a atividade das enzimas antioxidantes, o que poderia atenuar o efeito negativo das baixas e altas temperaturas na germinação das sementes e no desenvolvimento inicial das plântulas. Dessa forma, o presente trabalho teve

como objetivo avaliar o efeito da aplicação de selênio em sementes de alface submetidas a diferentes temperaturas durante a germinação e crescimento inicial das plântulas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG. Foram utilizadas sementes não tratadas de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Regina de Verão.

As sementes foram avaliadas quanto à germinação e crescimento de plântulas, em função da aplicação ou não do selênio ao substrato, conforme as seguintes metodologias:

Germinação

O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação do tipo BOD reguladas em temperaturas constantes de 10 °C e 15 °C, e germinadores também regulados em temperaturas constantes de 20 °C, 25 °C e 30 °C, com fotoperíodo de 8 horas. A semeadura foi feita sobre o substrato papel *germitest*, tendo como primeiro tratamento o umedecimento com selenato de sódio (Na_2SeO_4), na concentração 50 μM de selênio, e como segundo tratamento o umedecimento com água destilada (controle). As sementes foram distribuídas em caixas plásticas transparentes (*gerbox*) com tampa. Foram colocadas 50 sementes em cada *gerbox* para o teste de germinação (Figura 1). Os *gerbox* foram colocados em sacos plásticos para manter a umidade. O número de sementes germinadas foi avaliado diariamente, duas vezes ao dia, adotando-se como critério de germinação as plântulas com tamanho superior a 1 cm e que possuíam todas suas partes vegetativas (parte aérea e radícula). Avaliou-se a porcentagem total de sementes germinadas até o sétimo dia após a semeadura.

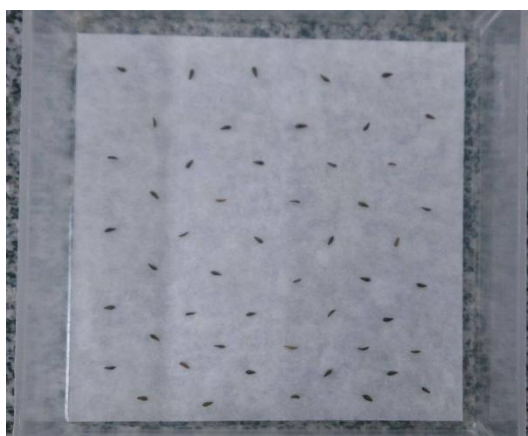


Figura 1. Sementes posicionadas em *gerbox* para o teste de germinação.

Crescimento

O teste de crescimento foi conduzido em câmara de germinação do tipo BOD reguladas em temperaturas constantes de 10 °C e 15 °C, e germinadores também regulados em temperaturas constantes de 20 °C, 25 °C e 30 °C, com fotoperíodo de 8 horas. A semeadura foi feita sobre o substrato papel *germitest*, tendo como primeiro tratamento o umedecimento com selenato de sódio (Na_2SeO_4), na concentração 50 μM de selênio, e como segundo tratamento o umedecimento com água destilada (controle). As sementes foram distribuídas em caixas plásticas transparentes (*gerbox*) com tampa. Foram colocadas 10 sementes em cada *gerbox* para o teste de crescimento (Figura 2). Os *gerbox* foram colocados em sacos plásticos para manter a umidade. O crescimento foi avaliado apenas no sétimo dia após a semeadura, medindo com o auxílio de uma régua graduada em centímetros o comprimento da parte aérea e a da radícula das plântulas. Com os dados, foram calculados o comprimento total de plântulas e a relação parte aérea /raiz.

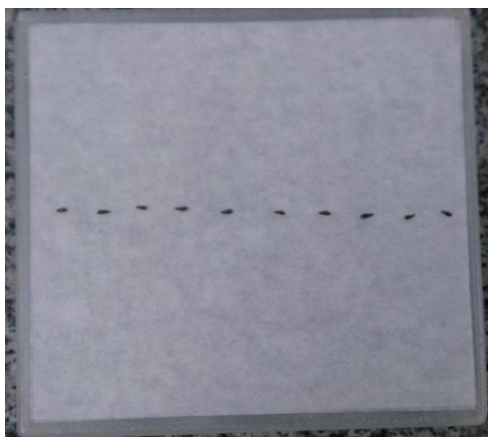


Figura 2. Sementes posicionadas em *gerbox* para o teste de crescimento.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, Teste F ($p < 0,05$), em esquema fatorial 2 x 5, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído pela aplicação de selênio ou água destilada (controle), e o segundo fator constituído pelas diferentes temperaturas (10, 15, 20, 25 e 30 °C). A análise foi realizada com o auxílio do software estatístico R (R Core Team, 2017).

3 RESULTADOS

Houve redução na germinação das sementes na temperatura de 30 °C (Figura 1). Nesta temperatura, foi observado maior porcentagem de germinação no tratamento sem aplicação de selênio. Para as demais temperaturas não foram obtidas diferenças significativas.

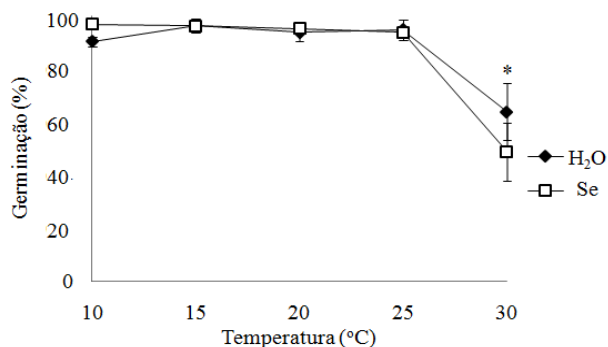


Figura 1. Germinação de sementes de alface cultivar Regina de Verão em diferentes temperaturas em função da aplicação ou não de selênio no substrato. As médias seguidas por *, em cada temperatura, comparam os tratamentos com e sem aplicação de selênio (Teste F, $p < 0,05$). As barras no gráfico representam as médias \pm desvio padrão de quatro repetições.

Houve redução nos valores do tempo médio para 50% de germinação das sementes de alface, as sementes precisaram de menos tempo para germinar, com o aumento da temperatura (Figura 2). Na temperatura de 10 °C, no tratamento com selênio o T₅₀ foi menor do que no tratamento com água, o selênio contribuiu para aumentar a velocidade de germinação. Nas demais temperaturas, não foram obtidos efeitos significativos.

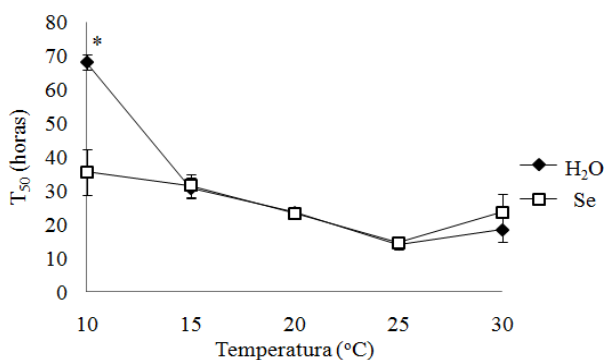


Figura 2. Tempo médio para germinação de 50% de sementes de alface da cultivar Regina de Verão em diferentes temperaturas em função da aplicação de selênio no substrato. As médias seguidas por *, em cada temperatura, comparam os tratamentos

Na Figura 3, observa-se o aumento na taxa de germinação das sementes com o aumento da temperatura, até os 25 °C, temperatura a partir da qual foi observada redução na taxa de germinação. Nas temperaturas de 10 °C e 30 °C, foi observado efeito significativo do tratamento sem e com aplicação de selênio. À 10 °C, foram obtidos maiores valores para o tratamento com selênio, e a 30 °C, o tratamento com água destacou-se em relação ao com selênio. Nas demais temperaturas não houve diferença significativa entre os valores obtidos, comparando-se os diferentes tratamentos.

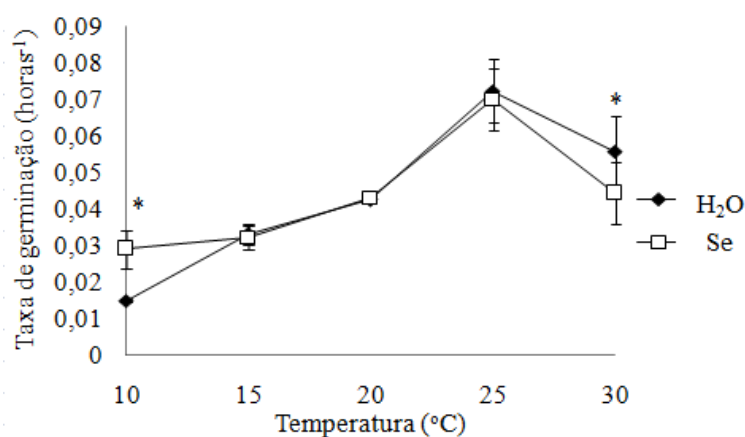


Figura 3. Taxa de germinação de sementes de alface da cultivar Regina de Verão em diferentes temperaturas em função da aplicação de selênio no substrato. As médias seguidas por *, em cada temperatura, comparam os tratamentos com e sem aplicação de selênio (Teste F, $p < 0,05$). As barras no gráfico representam as médias \pm desvio padrão de quatro repetições.

Os dados de comprimento de parte aérea das plântulas, das raízes e o comprimento total estão apresentados nas figuras 4, 5 e 6, respectivamente. Em geral, observa-se aumento no crescimento de plântulas até a temperatura de 25 °C. O estresse térmico provocado pela maior temperatura, 30 °C, reduziu o crescimento das plântulas, como também observado para os dados de germinação (Figura 1) e taxa de germinação (Figura 2). Nota-se que não houve diferença no comprimento em função dos tratamentos aplicados. À 20 °C, foram obtidos maiores médias com a aplicação de selênio ao substrato, porém não foi observado efeito significativo estatisticamente.

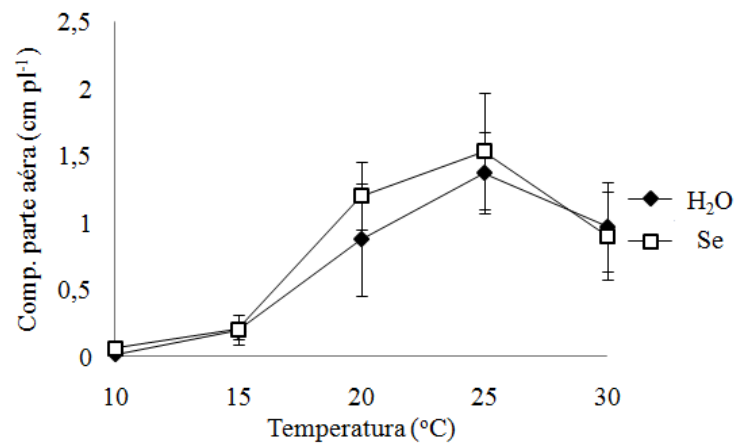


Figura 4. Comprimento de parte aérea de alface cultivar Regina de Verão em diferentes temperaturas em função da aplicação de selênio no substrato. As médias seguidas por *, em cada temperatura, comparam os tratamentos com e sem aplicação de selênio (Teste F, $p < 0,05$). As barras no gráfico representam as médias \pm desvio padrão de quatro repetições.

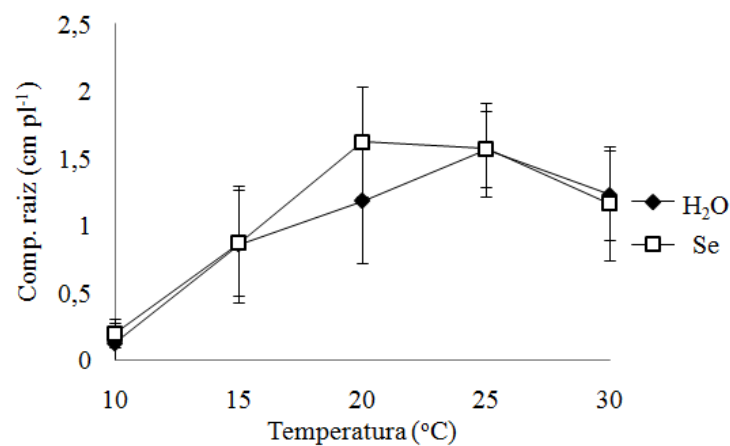


Figura 5. Comprimento de raiz de alface cultivar Regina de Verão em diferentes temperaturas em função da aplicação de selênio no substrato. As médias seguidas por *, em cada temperatura, comparam os tratamentos com e sem aplicação de selênio (Teste F, $p < 0,05$). As barras no gráfico representam as médias \pm desvio padrão de quatro repetições.

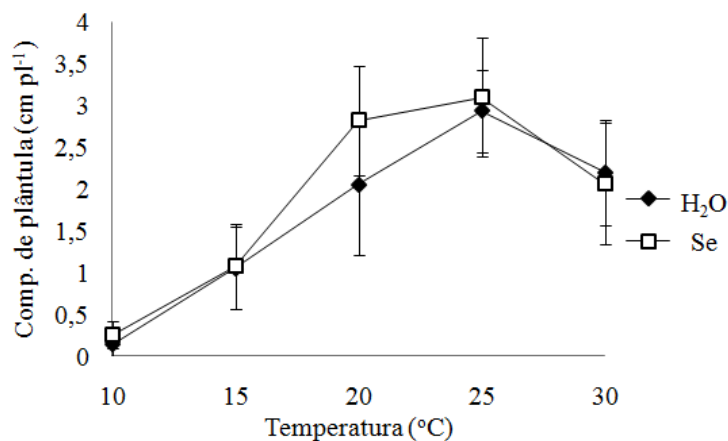


Figura 6. Comprimento de plântulas de alface cultivar Regina de Verão em diferentes temperaturas em função da aplicação de selênio no substrato. As médias seguidas por *, em cada temperatura, comparam os tratamentos com e sem aplicação de selênio (Teste F, $p < 0,05$). As barras no gráfico representam as médias \pm desvio padrão de quatro repetições.

Não houve diferença estatística entre os dados de relação parte aérea raiz em todas as temperaturas (Figura 7). Porém, houve tendência de maior média obtida para o tratamento com selênio na temperatura de 10 °C.

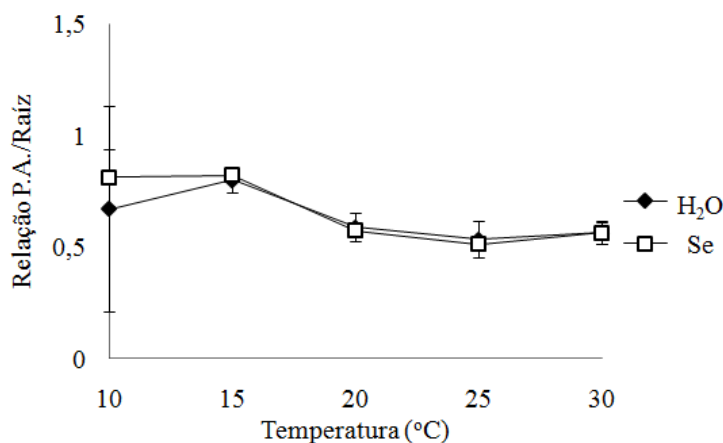


Figura 7. Relação parte aérea e raiz de alface cultivar Regina de Verão em diferentes temperaturas em função da aplicação de selênio no substrato. As médias seguidas por *, em cada temperatura, comparam os tratamentos com e sem aplicação de selênio (Teste F, $p < 0,05$). As barras no gráfico representam as médias \pm desvio padrão de quatro repetições.

4 DISCUSSÃO

A temperatura ótima para a germinação de sementes de alface é entre 15 e 20 °C (Brasil, 2009). Assim, com o estresse térmico, ocorreu redução da germinação das sementes, na temperatura de 30 °C. Sementes de alface em geral, não toleram temperaturas elevadas (Bertagnolli *et al.*, 2003). O selênio tem proporcionado efeito positivo no aumento da tolerância de sementes ao estresse térmico, conforme observado para azévem (Hartikainen *et al.*, 2000), alface (Xue *et al.*, 2001) e soja (Djanaguiraman *et al.*, 2005). Porém, no presente trabalho, na condição de estresse por alta temperatura esse efeito não observado.

Em relação ao vigor das sementes, o máximo da taxa de germinação, a maior velocidade de germinação, foi obtida na temperatura de 25 °C. A cultivar utilizada no trabalho, Regina de Verão, mostrou-se mais adaptada a temperatura mais elevada, permitindo ampliar o período de cultivo da alface no verão onde as condições climáticas limitavam seu cultivo (Sala & Costa, 2012).

Ainda em relação à taxa de germinação, houve redução dos valores, tanto acima quanto abaixo da temperatura de 25 °C. Era esperado que o efeito do selênio fosse no aumento da taxa de germinação, tanto na menor temperatura (10 °C), quanto na maior temperatura (30 °C). Porém, na temperatura de 30 °C, houve efeito oposto, com maior valor obtido para o tratamento com água. As plantas estressadas por calor ativam o mecanismo de defesa antioxidante, mas os níveis desses antioxidantes podem não ser suficientes para proteger as membranas lipídicas do excesso de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Suzuki & Mittler, 2006; Mostofa, Yoshida, & Fujita, 2014). Além disso, altas concentrações de selênio age como um pró-oxidante, reduzindo os rendimentos e podendo ser tóxico (Hartikainen *et al.*, 2000), o que também pode explicar esse resultado.

Pode-se observar o aumento da taxa de germinação das sementes com o aumento da temperatura em ambos tratamentos, onde o pico máximo é 25 °C, havendo uma queda à 30 °C. A temperatura age sobre a velocidade de absorção de água e também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo germinativo e, em consequência, afeta tanto a velocidade e uniformidade de germinação, como a germinação total (Carvalho & Nakagawa, 2000). Para qualquer processo ou evento, há geralmente uma temperatura mínima, abaixo da qual sua velocidade é zero; uma faixa infra-ótima, na qual a velocidade aumenta com a temperatura; uma faixa supra-ótima onde a velocidade diminui com a temperatura; e uma temperatura máxima acima da qual o processo não ocorre (Probert, 1993). A temperatura

ótima é aquela em que o processo ocorre em maior intensidade e velocidade (Horibe & Cardoso, 2001).

Em baixas temperaturas, a germinação e o crescimento de plântulas são afetados (Yan *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2010). Entretanto, segundo Djanaguiraman *et al.* (2005), o selênio aumenta a resistência e a capacidade antioxidante das plantas sujeitas a vários estresses incluindo o estresse por baixas temperaturas. Pode-se observar tal efeito na velocidade de germinação (T50), onde na temperatura de 10 °C, com a utilização de selênio no substrato, as sementes de alface germinaram mais rápido.

Estudos indicam que todos os parâmetros de crescimento (parte aérea, radícula, matéria fresca e seca), em plântulas de trigo, crescendo sob baixas temperaturas, aumentaram em resposta a aplicação de selênio quando comparado ao controle (Abbas, 2012). Porém no presente trabalho, tal efeito não foi observado. O estresse por frio abaixo de 15 °C causa redução na viabilidade das sementes e redução na taxa de crescimento (Sharifi, 2010), que podem ser devido à produção de EROs, o que poderia explicar a possível causa dos baixos valores nos parâmetros de crescimento de plântulas, obtidos para as plântulas de alface à 10 °C.

Além disso, em relação aos comprimentos de parte aérea e raiz, apesar de não significativo estatisticamente, foi observada tendência de maior crescimento no tratamento com selênio, nas temperaturas intermediárias, principalmente a 20 °C, indicando que o selênio pode ter sido benéfico em algum momento no crescimento das plântulas, ou que o efeito poderia ser observado durante o desenvolvimento das plântulas.

Assim, em geral, pelo presente trabalho, a germinação das sementes de alface foi reduzida em função da alta temperatura, mesmo com o acréscimo do selênio ao substrato. Com o aumento da temperatura, até 25 °C, foi verificada redução nos valores de T50, foi observado aumento na velocidade de germinação. Além disso, à 10 °C, observou-se maiores médias de T50 para o tratamento com selênio, quando comparado ao controle (substrato umedecido com água). Já para a taxa de germinação, nota-se uma tendência inversa nas temperaturas extremas (10 e 30 °C), quando comparou-se os tratamentos. Para os parâmetros de comprimento, nas temperaturas intermediárias, principalmente no tratamento com selênio à 20 °C, foi observado tendência de maiores médias. Por fim, a relação parte aérea/raiz obteve resultados similares para os dois tratamentos, em todas as temperaturas.

5 CONCLUSÃO

O estresse térmico reduz a germinação das sementes e o crescimento das plântulas de alface, sendo que pelo presente trabalho a germinação é reduzida à 30 °C. Já o crescimento foi mais prejudicado em baixas temperaturas, abaixo de 25 °C.

O selênio contribui para o aumento na velocidade de germinação em baixa temperatura (10 °C). Entretanto, nas sementes submetidas ao estresse por alta temperatura (30 °C), o selênio é prejudicial à germinação das sementes e ao crescimento das plântulas de alface.

6 REFERÊNCIAS

- Abbas SM (2012) Effects of low temperature and selenium application on growth and the physiological changes in sorghum seedlings. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 8:268-286.
- Bertagnolli CM, Menezes NL, Storck L, Santos OS & Pasqualli LL (2003) Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:7-13.
- Bewley JD & Black M (2013) *Seeds: physiology of development and germination*. 2ª ed. New York, Plenum. 445 p.
- Bezerra Neto F, Rocha RCC, Negreiros MZ de, Rocha RHC & Queiroga RCF (2005) Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, 23:189-192.
- Brasil (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. 399p.
- Broadley MR, White PJ, Bryson RJ, Meacham MC, Bowen HC, Johnson SE, Hawkesford MJ, McGrath SP, Zhao FJ, Breward N, Harriman M & Tucker M (2006) Biofortification of UK food crops with selenium. *Proc. Nutr. Soc*, 65:169-181.
- Brocklehurst PA, Rankin RAF & Thomas TH (1982/1983) Stimulation of celery seed germination and seedling growth with combined ethefon, gibberellin and polyethylene glycol seed treatments. *Plant Growth Regulation*, 1:195-202.
- Brown TA & Shrift A (1982) Selenium: toxicity and tolerance in higher plants. *Biol. Rev.* 57:59-84.
- Brunini O, Lisbão RS, Bernardini JB, Fornasier JB & Pedro Jr MJ (1976) Temperaturas básicas para alface, cultivar White Boston, em sistemas de unidades térmicas. *Bragantia*, Campinas, 19:213-219.
- Candan N & Tarhan L (2003) Relationship among chlorophyll-carotenoid content, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels by Mg²⁺ deficiency in the *Mentha pulegium* leaves. *Plant Physiol. Bioch.* 41:35-40.
- Cantliffe DJ & Elballa M (1994) Improved germination of carrot at stressful high temperature by seed priming. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 107:121-128
- Cardoso F (2000) Alface atinge limite de excelência. *Frutas e Legumes*, São Paulo, 1:7-11.

- Carvalho NM & Nakagawa J (2000) Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 588 p.
- Cásseres E (1980) Producción de hortalizas. S José-Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 387p.
- Costa CP & Sala FC (2005) A evolução da alfaticultura brasileira. Horticultura Brasileira, 23 (Artigo de capa).
- Crèvecoeur M, Deltour R & Bronchart R (1983) Effects of subminimal temperature on physiology and ultrastructure of *Zea mays* embryo during germination. Can. J. Bot. 61:1117–1125.
- Djanaguiraman M, Durga DD, Shanker AK, Sheeba JA & Bangarusamy U (2005) Selenium – an antioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil, 272: 77–86.
- Fernandes HS & Martins SR (1999) Cultivo de alface em solo em ambiente protegido. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 20:56-63.
- Fordyce FM (2013) Selenium deficiency and toxicity in the environment. Essentials of Medical Geology, Amsterdam, The Netherlands, p.375-416.
- Fu JJ, Liu J, Yang LY, Miao YJ, & Xu YF (2017) Effects of Low Temperature on Seed Germination, Early Seedling Growth and Antioxidant Systems of the Wild *Elymus nutans* Griseb. J. Agr. Sci. Tech, 19:1113-1125.
- Gill S & Tuteja N (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, Plant Physiol. Biochem., 48:909–930.
- Goto R (1998) A cultura de alface. In: Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo: editora Unesp, 1:137-159.
- Hartikainen H, Xue T & Piironen V (2000) Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. Plant Soil, 225:193–200.
- Horibe IY & Cardoso VJM (2001) Efeito do nitrato na germinação isotérmica de sementes de *Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu. Naturalia, 26:175-189.
- Katayama M (1993) Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. Piracicaba: Potafos, p. 141-148.
- Lopes MC, Freier M, Matte JD, Gärtner M, Franzener G, Casimiro ELN & Sevigiani A (2002) Absorção de nutrientes por diferentes cultivares de alface em cultivo hidropônico no período de inverno. Horticultura Brasileira 20.
- Marcos Filho, J. (1999) Testes de vigor: importância e utilização. Londrina: ABRATES, p.1-21.

- Marini P, Moraes CL, Marini N, Moraes DM & Amarante L (2012) Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico, *Revista Ciência Agronômica*, 43:722-730.
- Marouelli WA, Silva WLCS & Silva HR (1994) Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CNPQ, 60p.
- Mayer AM & Poljakoff-Mayber A (1989) *The germination of seeds*. Oxford: Pergamon Press, 4ªed, 270p.
- Mostofa MG, Yoshida N & Fujita M (2014) Spermidine pretreatment enhances heat tolerance in rice seedlings through modulating antioxidative and glyoxalase systems. *Plant Growth Regulation*, 73:31 –44.
- Muller AG (1991) Comportamento térmico do solo e do ar em alface em diferentes tipos de cobertura do solo. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 77p.
- Nascimento WM (2002) Germinação de sementes de alface. Circular Técnica, 29. Embrapa Hortaliças, Brasília. 10 p.
- Oliveira A, Sedyama M, Pedrosa M, Garcia N & Garcia S (2004) Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum*. 26:211-217.
- Oliveira ACB, Sedyama MAN, Pedrosa MW, Garcia NC & Garcia SLR (2004) Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum Agronomy*, 26:211-217.
- Oshe S, Dourado-Neto D, Manfron PA & Santos OS (2001) Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, 58:181-185.
- Panduro AMR (1986) Análise do comportamento da alface, *Lactuca sativa L.*, sob diferentes condições de iluminação. Dissertação (mestrado)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 129p.
- Probert EH (1993) *The role of temperature in germination ecophysiology*. Wallingford: Cab International, 2ªed., p. 285-325.
- Quiles MJ & López NI (2004) Photoinhibition of photosystems I and II induced by exposure to high light intensity during oat plant growth: Effects on the chloroplast NADH dehydrogenase complex. *Plant Sci*, 166:815–823.
- R Core Team (2017) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Ryder EJ & Whitaker TN (1976) Lettuce. In: evaluation of crop plants. New York: Longman Group, p. 39-41.
- Sala FC & Costa CP (2012) Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, 30:187-194.
- Sharifi P (2010) Evaluation on Sixty-eight Rice Germplasms in Cold Tolerance at Germination Stage. *Rice Sci.*, 1:77-81.
- Socolowski F & Takaki M (2004) Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don - Bignoniaceae) seeds: effects of light, temperature and water stress. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47:785-792.
- Suzuki N & Mittler R (2006) Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction. *Physiologia Plantarum*, 126:45 –51.
- Verma SK, Kumar B, Ram G, Singh HP & Lal RK (2010) Varietal Effect on Germination Parameter at Controlled and Uncontrolled Temperature in Palmarosa (*Cymbopogon martinii*). *Ind. Crop. Prod.*, 32:696–699.
- Xue T, Hartikainen H & Piironen V (2001) Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant and Soil*, 237:55–61.
- Yan WW, Zhang L, Chen G, Fan JG, Cui WS & Guo ZF (2010) Comparative study for cold acclimation physiological indicators of *Forsythia mandshurica* Uyeki and *Forsythia viridissima* Indl. *Middle-East J. Sci. Res*, 6:556-562.
- Zhang S, Jiang H, Peng S & Korpelainen HC (2010) Sex-related differences in morphological, physiological, and ultrastructural responses of *Populus cathayana* to chilling. *J.of Exp. Bot.*, 1-12.