

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA  
PRODUÇÃO E QUALIDADE FISIOLÓGICA  
DE SEMENTES DE ALFACE**

**ROSEANE PEREIRA VILLELA**

**2009**

**ROSEANE PEREIRA VILLELA**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ALFACE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Fitotecnia, área de concentração em  
Produção Vegetal, para a obtenção do título de  
Doutor.

Orientador  
Prof. Rovilson José de Souza

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Villela, Roseane Pereira.

Influência da temperatura na produção e qualidade fisiológica de sementes de alface / Roseane Pereira Villela. – Lavras : UFLA, 2009.

81 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Rovilson José de Souza.

Bibliografia.

1. *Lactuca sativa*. 2. Hortaliça. 3. Produção de sementes. 4. Épocas de produção. 5. Qualidade fisiológica. 6. Cultivares. 7. Etileno. 8. Temperaturas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.5231

**ROSEANE PEREIRA VILLELA**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE  
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ALFACE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Fitotecnia, área de concentração em  
Produção Vegetal, para a obtenção do título de  
Doutor.

APROVADA em 29 de maio de 2009.

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| Prof. Renato Mendes Guimarães    | UFLA               |
| Warley Marcos Nascimento         | EMBRAPA HORTALIÇAS |
| Prof. Luiz Antonio Augusto Gomes | UFLA               |
| Antônio Rodrigues Vieira         | EPAMIG             |

Prof. Rovilson José de Souza  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*A Deus pela presença constante em minha vida, que me permitiu chegar até aqui, fortalecendo meu espírito diante das dificuldades, enchendo meu coração de fé e esperança em dias melhores.*

*À minha família pelo carinho, dedicação e incentivo.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura, a oportunidade de realização do Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a concessão da bolsa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rovilson José de Souza, a confiança, o incentivo, os ensinamentos compartilhados, a orientação e a amizade.

Ao Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães e ao Dr. Warley Marcos Nascimento a disponibilidade e a contribuição na condução da pesquisa.

Ao Prof. Luiz Antônio o auxílio, a disponibilidade e a contribuição na condução das pesquisas.

Ao Prof. Mário César Guerreiro, do Departamento de Química o auxílio, a disponibilidade e a contribuição na condução das pesquisas.

Aos professores do Setor de Sementes, Profª. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho, Profª. Édila de Vilela Resende Von Pinho, Prof. Dr. João Almir de Oliveira, ao pesquisador Antonio Rodrigues Viera a constante disponibilidade e a contribuição em minha formação profissional.

À Marli, secretária da pós-graduação e às funcionárias do Laboratório Central de Sementes, Elenir, Elza, Dalva, Lais, a preciosa ajuda e a amizade.

Aos funcionários da horta, Pedro, Josimar, Leandro e Milton, a ajuda na condução dos experimentos.

Aos estagiários do laboratório, o auxílio na condução dos experimentos. Em especial aos amigos Bruno, Ana Carolina, Michelle, Valquiria, Ricardo e Denise a grandiosa colaboração durante a execução dos trabalhos e os momentos de descontração.

Aos amigos do curso de pós-graduação a amizade e a convivência.

Ao meu marido, Túlio Carvalho Villela o carinho e o apoio constante. E pelo nosso filho Yuri que não demora nascer.

As agências de pesquisa, FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), FAEPE (Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural) que contribuíram para a realização das pesquisas.

Enfim, a todos que estiveram presentes nessa fase da minha vida e que contribuíram de uma forma ou de outra, para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| RESUMO.....   | i   |
| ABSTRACT .....  | iii |
| CAPÍTULO 1.....   | 1   |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL.....   | 2   |
| 2 OBJETIVO GERAL.....   | 4   |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO.....  | 5   |
| 3.1 A cultura da alface.....  | 5   |
| 3.2 Produção de sementes.....   | 8   |
| 3.3 Qualidade fisiológica.....  | 13  |
| 3.4 Germinação sob altas temperaturas.....  | 16  |
| 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 22  |
| CAPÍTULO 2.....   | 30  |
| PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE CULTIVARES DE ALFACE EM DUAS ÉPOCAS DE PLANTIO.....                                     | 30  |
| RESUMO.....   | 31  |
| ABSTRACT .....  | 32  |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 33  |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 36  |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 40  |
| 4 CONCLUSÕES.....   | 52  |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 53  |
| CAPÍTULO 3.....   | 56  |
| EFEITO DO ETILENO E DA ENZIMA ENDO-B-MANANASE SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE PRODUZIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS..... | 56  |
| RESUMO.....   | 57  |
| ABSTRACT .....  | 58  |
| 1 INTRODUÇÃO.....   | 59  |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 62  |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 66  |
| 4 CONCLUSÕES.....   | 74  |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 75  |
| ANEXOS.....   | 79  |

## RESUMO

VILLELA, Roseane Pereira. **Influência da temperatura na produção e qualidade fisiológica de sementes de alface**. 2009. 81p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG<sup>1</sup>.

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância no Brasil, tanto em volume como em valor comercializado, por apresentar excelente aceitação pelos consumidores. Apesar da disponibilidade de um grande número de cultivares nacionais, de características aceitáveis, e da existência de áreas extremamente favoráveis para a produção de sementes, poucos são os trabalhos encontrados na literatura que têm o objetivo de fornecer informações técnico-científicas no que diz respeito ao manejo da cultura visando à produção e à qualidade de sementes. A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica é pré-requisito para se alcançar um ótimo estabelecimento de plântulas no campo. As condições climáticas durante as diversas etapas da produção das sementes podem exercer influência direta sobre o vigor destas. Sementes de alface germinam melhor sob temperaturas mais baixas, sendo a temperatura em torno de 20° C a mais indicada. A região onde as sementes de alface são produzidas afeta significativamente a performance das sementes durante a germinação. Sendo muito deficiente, tanto para a região do Sul de Minas Gerais, quanto para outras regiões do país, estudos cujo propósito seja fornecer informações no que diz respeito ao manejo da cultura da alface visando à produção de sementes e sua qualidade. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar oito cultivares de alface quanto à produção de sementes em ambiente protegido nas condições de verão e inverno na região de Lavras – MG. Foi determinando o efeito da época de produção na sua qualidade fisiológica através da germinação sob temperaturas adversas e testes de vigor, além da avaliação do envolvimento do etileno e da enzima endo- $\beta$ -mananase na germinação sob condições de temperaturas elevadas. As sementes foram submetidas aos testes de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação sob temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (41°C/48-72 horas). Também foi realizado o teste de germinação sob temperaturas de 20 e 35°C embebidas em soluções de água, ethrel e tiosulfato de prata, além da medição da produção de etileno e atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase de duas cultivares (Luisa e Verônica) embebidas em água sob temperaturas de incubação de 20 e 35°C. Os maiores rendimentos na produção de sementes de alface na região de Lavras em cultivo protegido foram obtidos

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Prof. Rovilson José de Souza - UFLA  
Prof. Renato Mendes Guimarães – UFLA

no inverno, sendo que a maior produtividade e maior qualidade de semente foram obtidas com a cultivar Vera. As cultivares Lívia e Simpson mostraram vigor mais baixo quando produzidas no verão e a Elisa quando a produção foi realizada no inverno, sob condições de cultivo protegido. A temperatura de verão, durante a época da produção de sementes de alface, favoreceu a germinação das cultivares Luisa e Regina 2000 sob condições de altas temperaturas. O uso do ethrel em solução de embebição aumentou a porcentagem de germinação das sementes de alface sob temperatura elevada (35°C). Tanto a produção de etileno quanto a atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase foram mais acentuadas na cultivar Luisa, independente da época de produção e da temperatura de germinação.

## ABSTRACT

VILLELA, Roseane Pereira. **Influence of temperature on production and physiological quality of lettuce seeds.** 2009. 81p. Thesis (Doctor Degree in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG<sup>2</sup>.

The lettuce is the most important leafy vegetable in Brazil in both volume and value traded. Also, this crop presents excellent acceptance by consumers. Despite the availability of a large number of domestic acceptable varieties, and the existence of extremely favorable areas for seed production, there are few studies in the literature aimed at providing technical and scientific information regarding the management of culture to the seed production and quality. The use of high physiological seed quality is a prerequisite for achieving a good stand establishment in the field. Weather conditions during the different stages of seed production may affect seed vigor. Lettuce seeds germinate better in lower temperatures, i.e, temperatures around 20°C. The region where lettuce seeds are produced significantly affect the performance of the seed during germination. Studies to provide information about crop management during lettuce seed production in Minas Gerais state as well as in Brazil shall be done. The objective of this study was to evaluate eight lettuce cultivars for seed production under protected conditions during the summer and winter in the region of Lavras - MG. It was also determined the effect of season on the physiological seed quality through germination under adverse temperatures and seed vigor, and the involvement of ethylene and endo- $\beta$ -mannanase germination under conditions of high temperatures. The seeds were submitted to germination, first count and germination rate under 20, 25, 30 and 35°C, seedling emergence, emergence rate, accelerated aging (41°C/48-72 hours). Germination under 20 and 35°C of seeds soaked in solutions of water, ethrel, silver thiosulphate was also performed. Ethylene production and endo- $\beta$ -mannanase activity in seeds of two cultivars (Luisa and Veronica) soaked in water at 20 and 35°C was also determined. The highest yield of lettuce seed production in greenhouse Lavras region was obtained in winter, using the cultivar Vera. Cultivars Livia and Simpson showed lower seed vigor when produced in summer and 'Elisa' when produced in winter. The temperature during the summer season favored the germination of 'Regina 2000' and 'Luisa' under conditions of high temperatures. The use of ethrel in the soaking solution increased germination under high temperature (35°C). Ethylene production and endo- $\beta$ -mannanase

---

<sup>2</sup> Advisor: Fugleman: Prof. Rovilson José de Souza - UFLA  
Prof. Renato Mendes Guimarães – UFLA

activity was higher in 'Luisa' regardless of season and temperature for germination.

## **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A alface é a hortaliça folhosa de maior importância no Brasil, tanto em volume como em valor comercializado, por apresentar excelente aceitação pelos consumidores. Seu cultivo é de maneira intensiva e geralmente praticado pela agricultura familiar, empregando um grande número de mão-de-obra no campo. É consumida, com maior frequência, em saladas cruas e sanduíches, sendo que as regiões Sul e Sudeste são as maiores consumidoras.

Nos segmentos locais de comercialização são exigidos qualidade, quantidade e principalmente regularidade de oferta do produto. Isso tem refletido diretamente nos locais/regiões de produção de alface, que se localizam próximos aos grandes centros consumidores, dada a alta perecibilidade do produto. A alface tem sido então cultivada em diferentes épocas e regiões, em diferentes condições edafoclimáticas, e durante o período mais crítico da cultura, que é o da germinação e emergência de plântulas, o produtor nem sempre tem total controle dessas condições.

Constantes mudanças de temperatura têm ocorrido na Terra, e a partir da Revolução Industrial o planeta passou a enfrentar uma nova realidade com o aumento da temperatura causada pelo homem através da poluição. Este problema começou a ser sentido primeiro nos microclimas, com o aumento da temperatura nos grandes centros urbanos e mais recentemente no macroclima, com o aumento do nível do mar, o que tem sido considerado uma ameaça em escala global que pode vir a causar escassez de alimentos além de graves problemas sociais.

Por ser a alface uma planta mais adaptada a temperaturas amenas, em condições de temperatura elevada, a germinação e o estabelecimento da cultura são prejudicados. Além disso, seu ciclo vegetativo é acelerado, antecipando a fase reprodutiva da planta em detrimento da produtividade e qualidade do

produto, ocasionando acúmulo excessivo de látex, tornando as folhas amargas, rígidas e de tamanho e número reduzidos.

Durante a produção, para contornar o problema com relação ao pendoamento precoce, vários estudos têm sido direcionados visando a seleção de cultivares resistentes. No entanto, existe ainda a necessidade de se desenvolver estratégias para a minimização dos problemas da termoinibição e/ou da termodormência que afetam a germinação das sementes quando estas são expostas a temperaturas superiores a 30°C. Isto viria a favorecer o aumento do cultivo em regiões do país de temperaturas mais elevadas como o Norte e Nordeste.

Fatores ambientais atuando durante a maturação das sementes podem influenciar a temperatura limite de germinação. A região onde as sementes de alface são produzidas poderá afetar significativamente o desempenho das sementes durante a germinação. Independente do genótipo, Nascimento (2002) afirma que sementes produzidas sob condições de altas temperaturas germinam melhor em temperaturas elevadas do que aquelas produzidas sob baixas temperaturas. Assim, pressupõe-se que a maturação das sementes em condições de altas temperaturas poderá superar parcialmente o efeito inibitório de temperaturas elevadas durante a germinação.

Estudos relacionando a produção de sementes de cultivares resistentes à germinação sob temperaturas elevadas são de grande importância para o desenvolvimento da cultura em regiões de clima quente e na época do verão em todo o Brasil (Nascimento & Cantliffe, 2001).

## **2 OBJETIVO GERAL**

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar diferentes cultivares de alface e sua interação com a qualidade fisiológica e a capacidade de germinação sob condições de temperaturas elevadas em duas épocas de produção de sementes.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A cultura da alface

A alface cultivada (*Lactuca sativa* L.) é originária de espécies silvestres, ainda hoje encontradas no Sul da Europa e na Ásia Ocidental, tendo como provável centro de origem as regiões amenas do Mediterrâneo (Filgueira, 2000).

Pertencente à família Asteraceae, *Lactuca* é um gênero com aproximadamente 300 espécies, o qual apresenta sete níveis cromossômicos ( $2n = 10, 16, 18, 32, 34, 36, 48$ ), porém apenas *L. sativa*, *L. serriola*, *L. saligna* e *L. virosa* apresentam conjunto genômico  $2n = 18$  cromossomos, sendo essas utilizadas em programas de melhoramento genético (Maluf, 1994a).

A alface é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas em todo o mundo e devido ao seu ciclo curto pode ser cultivada em quase todas as regiões, sendo necessário a existência de no mínimo dois meses de clima apropriado ao cultivo, quando cultivada a céu aberto. A alface é uma razoável fonte de vitaminas e sais minerais, cujo aproveitamento pelo organismo é favorecido por ser consumida crua, destacando-se o seu elevado teor em pró-vitamina A, que alcança 4.000 UI em 100 gramas de folhas verdes (cerca de quatro vezes o teor do tomate), sendo, porém, bem mais baixo o teor dessa vitamina nas folhas internas brancas das alfaces repolhudas (Caetano et al., 2001).

As principais regiões produtoras de alface no Brasil encontram-se nos "cinturões verdes" que circundam as grandes regiões metropolitanas do país. É um produto que deve ser comercializado *in natura*, devido à sua alta perecibilidade, e conseqüentemente, o seu transporte possui uma grande influência no custo final.

A planta é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma "cabeça", com coloração em vários tons

de verde, ou roxa, conforme a cultivar. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo, quando a cultura é transplantada. Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 60 cm de profundidade (Filgueira, 2000).

As cultivares utilizadas são de coloração verde, em sua maioria, aquelas com margens arroxeadas são aceitas apenas em alguns mercados. Atualmente, começam a ser produzidas também cultivares roxas, ainda em pequena escala. As cultivares podem ser agrupadas considerando as características das folhas, bem como o fato destas se reunirem ou não formando uma cabeça (Filgueira, 2000). Assim, podem ser classificadas em seis grupos ou tipos diferenciados:

- REPOLHUDA-MANTEIGA: também denominada “Butterhead lettuce”. As folhas são bem lisas, muito delicadas, de coloração verde-amarelada e aspecto amanteigado (oleoso), formando uma típica cabeça compacta. A cultivar típica é a norte-americana White Boston, que já foi considerada padrão de excelência em alface, porém ocorreu diversificação nos hábitos de consumo. Atualmente, ela vem sendo substituída por outras cultivares, como Elisa, Boston Branca, Vivi, Maravilha de Inverno, Áurea, Glória, Carolina e Rainha de Maio.
- REPOLHUDA-CRESPA: também denominada “Crisphead lettuce”, “Iceberg lettuce” ou alface americana. As folhas são crespas, quebradiças, com nervuras bem salientes, formando uma cabeça compacta. Começaram a ser cultivadas no Brasil, principalmente, para atender as cadeias de lanchonetes e os restaurantes do tipo “fast food”. É uma alface altamente resistente ao transporte e adequada para compor sanduíches, resistindo melhor ao contato com ovo estrelado ou com bife quente. A cultivar típica é a norte-americana

Great Lakes, da qual há várias seleções. Outras cultivares vêm sido desenvolvidas ou introduzidas no mercado brasileiro, como: Mesa Salinas, Calmar, Tainá, Iara, Madona AG-605, Lucy Brown, Lorca, Raider e Rubbete.

- SOLTA-LISA: as folhas são macias, lisas e soltas, não havendo formação de cabeça e, sim, uma roseta de folhas de coloração verde-amarelada e aspecto amanteigado (oleoso). A cultivar típica é a tradicional Babá de Verão. Atualmente, há diversas cultivares, como Monalisa AG-819, Regina 71, Regina 2000 e Luisa.
- SOLTA-CRESPA: as folhas são bem consistentes, crespas e soltas, não formando cabeça e, sim, uma roseta de folhas. A cultivar típica é a norte-americana Grand Rapids, tradicional. Há outras cultivares, como: Slow Bolting, Marianne, Verônica, Vanessa e Marisa AG-216, Hortência e Giselle.
- MIMOSA: grupo que recentemente vem adquirindo certa importância econômica. As folhas são delicadas e com aspecto "lobado". Exemplos de cultivares desse grupo são: Salad Bowl e Greenbowl.
- ROMANA: grupo de reduzida importância econômica, sendo ainda de aceitação restrita pelos consumidores brasileiros. As folhas são alongadas e consistentes, com nervuras protuberantes, formando cabeças fofas. Exemplos desse grupo são as cultivares: Romana Branca de Paris e Romana Balão.

Com relação à formação de cabeça em alfaces de folhas lisas, deve-se observar que a maioria das cultivares mais modernas, tais como Elisa e Regina, encontram-se classificadas ora como repolhudas, ora como de folhas soltas. Isto ocorre porque na prática as mesmas tendem a se desenvolver de forma

intermediária, sem apresentar as folhas totalmente soltas, mas também sem formar cabeça repolhuda (Fiorini, 2004).

O ciclo vegetativo da alface termina quando a cabeça está completamente desenvolvida, iniciando a partir daí a fase reprodutiva, caracterizada visualmente pela emissão do pendão floral.

### **3.2 Produção de sementes**

No Brasil, atualmente, estão registrados no SNPC 380 cultivares de alface (MAPA/ RNC, 2008) e apesar da disponibilidade de cultivares nacionais de características aceitáveis, e da existência de áreas extremamente favoráveis para a produção de sementes, poucos são os estudos realizados nessa área. Além disso, existe ainda neste setor uma grande dependência de importação de sementes, sendo que o Brasil importou, em 2005, 1.360,347 kg de sementes de alface (Nery et al., 2007).

O cultivo da alface destinada à produção de sementes segue as mesmas exigências e tratos culturais para o cultivo da alface hortaliça. Semeadura, obtenção de mudas, transplante, adubação, controle de pragas e doenças, e controle de plantas daninhas são práticas similares. A diferença entre alface-hortaliça e alface-semente está em relação à escolha da área, do clima e do espaçamento. Em geral, a produção de sementes de alface é mais adequada em áreas de baixa pluviosidade. O clima deve ser seco e sem risco de chuvas na época da maturação das sementes, para evitar perdas na produtividade e na qualidade das mesmas. Chuva inesperada e ou ventos fortes na fase de maturação das sementes podem ocasionar perdas substanciais (Hawthorn & Pollard, 1954).

O espaçamento na fileira varia de 40 a 50 cm entre plantas e 60 a 100 cm entre fileiras. No Nordeste brasileiro utiliza-se o espaçamento de 80 x 40 cm, com uma lotação de 31.250 plantas/ha. A lotação de plantas para produção de

alface-hortaliça corresponde entre 80.000 a 100.000 plantas/ha. Espaçamentos menores podem favorecer a ocorrência de doenças. A irrigação deve ser preferencialmente por infiltração e ou gotejamento e a aspersão deve ser evitada, pelo menos na fase de florescimento e maturação. Antes do início do pendoamento deve-se fazer a erradicação de plantas atípicas, prática conhecida como “*roguing*”. Recomenda-se utilizar sementes genéticas para evitar o “*genetic drift*” (contaminações genéticas). Esse fenômeno é conhecido quando se usa semente comercial em multiplicações sucessivas sem *roguing* (Costa & Sala, 2005).

A prática do *roguing* para a cultura da alface deve ser feita baseada em características varietais realizada, preferencialmente, nas seguintes fases: a) plantas jovens no estágio de 4 a 6 folhas, b) no ponto de colheita (alface hortaliça) e no caso da alface americana na fase de “cabeça”, e c) no início do pendoamento. São erradicadas plantas doentes, ausência de formação de cabeça e características atípicas do padrão varietal. O *roguing* deve ser praticado na fase vegetativa e início do pendoamento.

O ciclo das alfaces cultivadas no Brasil, para a produção de sementes, varia em função do clima, cultivar e local, podendo alcançar de 120 a 170 dias. Em cultivo protegido, esse período se reduz para de 100 a 120 dias (Menezes et al., 2001).

Temperaturas acima de 20°C estimulam o pendoamento da alface, que é acentuado à medida que a temperatura cresce. Dias longos associados a temperaturas elevadas aceleram o processo, o qual é também dependente da cultivar (Nagai, 1980; Ryder, 1986; Viggiano, 1990). O início do alongamento da haste floral assinala o fim do estágio comercial e o começo da fase reprodutiva (Maluf, 1994a). A ocorrência deste fenômeno varia com a cultivar, sendo aquelas de pendoamento precoce, ou de inverno, impróprias para o cultivo em temperaturas mais elevadas, onde o processo é acelerado.

Ao entrar no ciclo reprodutivo, a planta emite uma haste ou pendão floral que normalmente alcança um metro de altura (Filgueira, 2000). A inflorescência é uma panícula constituída por diversos botões florais denominados capítulos. Cada capítulo possui de 10 a 25 flores ou floretes. O florete apresenta uma única pétala amarela envolvida por brácteas imbricadas que formam um involúcro. O ovário é unilocular contendo um único óvulo (Ryder, 1986).

O florescimento da alface é contínuo e sequencial. Cerca de 90% das sementes produzidas são originárias de flores que abrem nos primeiros 35 dias após a antese da primeira flor. O período de florescimento pode durar até 70 dias. Geralmente as sementes originárias dos dois primeiros surtos e/ou picos de floração produzem sementes mais pesadas que as tardias. O número médio de aquênio por capítulo é de aproximadamente 16. A maturação fisiológica do aquênio é em média 12 dias após a antese do florete (Costa & Sala, 2005). A polinização ocorre quando, na antese, o estilete se alonga e atravessa o tubo formado pelos estames. A antese ocorre pela manhã, entre 08 e 10 horas, e cada flor se abre apenas uma vez, garantindo a autofecundação e conferindo à planta a autogamia por cleistogamia. A maturação da semente ocorre entre doze a quatorze dias após a antese sendo que cada florete dá origem a uma única semente que, botanicamente, é um aquênio (Maluf, 1994b; Ryder, 1986). Uma planta de alface pode produzir até 20 gramas de sementes, dependendo do período do florescimento e tipo varietal (Costa & Sala, 2005). O indicativo da maturidade fisiológica das sementes ocorre quando as brácteas e os “papus” secam para dispersão da semente pelo vento, característica essa indesejável, assim como a termodormência, ambas advindas de seus ancestrais de espécie silvestre.

A tendência ao pendoamento mais rápido ou mais lento caracteriza as cultivares como de inverno ou de verão. As cultivares de inverno, quando

cultivadas nesta época, normalmente formam cabeça ou roseta de folhas. Porém, quando cultivadas no verão, emitem o pendão floral precocemente, tornando-se impróprias para o consumo. Já as cultivares de verão formam cabeça ou roseta de folhas normais quando cultivadas tanto no inverno quanto no verão (Maluf, 1994a; Nagai & Lisbão, 1980).

Enquanto nos Estados Unidos os programas de melhoramento de alface estão mais envolvidos com obtenção de cultivares adaptadas a ambientes específicos, resistência ao Mildio, Big Vein, LMV, tolerância a salinidade, resistência a insetos, dentre outros (Ryder, 1986; Ryder & Whitaker, 1976), no Brasil os pesquisadores e melhoristas têm dado maior ênfase em se obter plantas resistentes ao calor, bem como selecionar plantas resistentes ao LMV (Lettuce Mosaic Vírus) e com boa formação de cabeças (Silva, 1997).

Até a década de 1970, o Brasil importava de 20 a 30 toneladas de sementes de alface anualmente. A quase totalidade dessas sementes era da cultivar White Boston (também conhecida como Sem Rival), procedente dos Estados Unidos e da França, sendo a razão dessa volumosa importação a alta incidência do vírus LMV (Lettuce Mosaic Vírus) nos cultivos brasileiros (Nagai, 1993).

No Brasil, a produção de sementes era inviável devido à presença do inóculo do vírus LMV o ano inteiro e às ótimas condições ambientais para o vetor atuar. Em 1969, o Dr. Hiroshi Nagai, do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC iniciou um programa de melhoramento de alface visando obter uma cultivar semelhante à 'White Boston' (tipo manteiga) que fosse resistente ao LMV e ao calor. Resistência ao LMV foi encontrada na cultivar Gallega de Invierno, que foi cruzada com 'White Boston'. Após sucessivas seleções, em 1973, obteve-se a cultivar Brasil-48, resistente ao LMV e com alguma tolerância ao calor (Nagai & Costa, 1973).

Azevedo et al. (1997), avaliando várias cultivares de alface no Estado do Tocantins, observaram que as cultivares Regina 71 (folhas lisas), Tainá (crespa repolhuda), Vitória e Verônica (crespas de folhas soltas) apresentaram ótimo desempenho tanto para tolerância ao calor como para qualidade de cabeça, podendo ser indicada para cultivo o ano todo naquela região, que se caracteriza por ser quente e úmida.

Autores como Aguiar (2001); Silva et al. (2002) e Silveira et al. (2002), estudando gerações segregantes de alface, oriundas do cruzamento entre pais contrastantes quanto à tolerância ao pendoamento precoce, obtiveram sucesso na seleção de indivíduos com florescimento mais lento. Os resultados de seus trabalhos demonstraram que, através da pressão de seleção em populações segregantes, é possível selecionar plantas que emitam pendão floral tardiamente em condições de elevadas temperaturas (Silva, 1997). No entanto, existe ainda a necessidade de identificar materiais tolerantes à germinação sob altas temperaturas e/ou utilizar de estratégias para minimizar esse problema. Fatores ambientais durante a maturação das sementes podem influenciar a temperatura limite de germinação.

Existem diferenças no limite da temperatura de germinação de sementes de alface entre diferentes genótipos. Alguns genótipos podem germinar sob temperaturas próximas de 35°C, como é o caso de 'Everglades' e o PI 251245 (Guzman et al., 1992). Assim, o melhoramento genético pode possibilitar o aumento da habilidade de as sementes de alface de cultivares comerciais germinarem em condições de altas temperaturas.

A região onde as sementes de alface são produzidas afeta significativamente a performance das sementes durante a germinação. Independentemente do genótipo, sementes produzidas sob altas temperaturas germinam melhor do que aquelas produzidas sob baixas temperaturas. Assim, a maturação das sementes em condições de altas temperaturas supera parcialmente

o efeito inibitório de altas temperaturas durante a germinação (Nascimento, 2002).

### **3.3 Qualidade fisiológica**

A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica é o pré-requisito para se alcançar um ótimo estabelecimento de plântulas 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).

Considerando-se que as reservas acumuladas nas sementes são resultado de translocação de material fotossintetizado, parte antes e parte após a antese, é de se esperar que as condições ambientais durante a produção sejam importantes (Delouche, 1980). Desta forma, o vigor da semente é afetado pelas condições ambientais mesmo antes de sua formação, pois condições de clima que afetam o desenvolvimento e o florescimento da planta poderão ter reflexos sobre o vigor das futuras sementes. Esses efeitos, evidentemente, são de difícil avaliação, principalmente se comparados com os que ocorrem na fase final do processo de maturação (Carvalho & Nakagawa, 2000).

As condições climáticas, durante as diversas etapas do desenvolvimento das sementes, podem exercer influência direta sobre a qualidade atingida na maturidade. A ocorrência de temperaturas elevadas durante a maturação pode provocar a redução da translocação de fotossintatos para as sementes (Marcos Filho, 2005). Nessas condições, a maturação é “forçada”, sendo produzidas sementes de baixo vigor (França Neto, et al., 1993) porque não se verifica a deposição natural de nutrientes. Por essas razões, deve-se dirigir atenção especial à escolha da época mais adequada para a semeadura do campo de produção de sementes, procurando a coincidência entre condições climáticas

mais favoráveis e as exigências da planta nos seus diversos estádios de desenvolvimento.

Sementes consideradas vigorosas são mais efetivas na mobilização e utilização de suas reservas energéticas, como consequência, há maior capacidade metabólica, resultando na emergência mais rápida e uniforme, além do desenvolvimento de plântulas normais sob diferentes condições de campo (Marcos Filho, 2005).

A viabilidade das sementes é definida como sendo a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, como indicativo de aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis. As Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992) recomendam que as sementes de alface devam ser germinadas “sobre papel” (SP), “entre papel” (EP) ou “sobre areia” (SA). A temperatura de incubação deve ser constante de 20°C ou 15°C. A primeira contagem deve ser feita aos quatro dias e a contagem final aos sete dias após a instalação dos testes. A temperatura tem grande influência na germinação de sementes de alface, onde temperatura ótima fica em torno de 20°C, e a maioria das cultivares não germinam em temperaturas superiores a 30°C (Nascimento, 2002).

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes para fins de semeadura e comercialização tem sido rotineiramente baseada no teste de germinação, que fornece resultados referentes às plântulas normais produzidas por um lote de sementes, de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 1992). No entanto, em muitos casos, a porcentagem de germinação indicada no rótulo da embalagem de um determinado lote de sementes representa o potencial de germinação do lote, o que nem sempre irá corresponder à emergência a ser obtida pelo produtor em campo (semeadura direta) ou na casa de vegetação (produção de mudas). Isso acontece porque

fatores adversos no campo poderão afetar a germinação, reduzindo a emergência (Nascimento, 2002).

O conhecimento do vigor das sementes poderá indicar com maior precisão seu potencial de desempenho no campo. Estudos sobre o vigor de sementes de alface têm indicado testes como o de envelhecimento acelerado em conjunto com a primeira contagem do teste de germinação e/ou comprimento da raiz primária como parâmetros para a melhor escolha dos lotes de sementes (Nascimento & Pereira, 2007).

O teste de emergência de plântulas também constitui uma alternativa viável para complementação de informações sobre o potencial fisiológico de sementes de alface, pois permite uma simulação mais próxima das condições que ocorrem no campo (Franzin et al., 2004). Trabalhos realizados com outras espécies indicam que a emergência de plântulas pode ser usada na avaliação do potencial fisiológico de sementes, como em feijão vigna (Bias et al., 1999), pimentão (Torres & Minami, 2000) e cenoura (Tessarioli Neto, 2001).

Estudos realizados por Franzin et al. (2004) apontam o teste de envelhecimento acelerado como muito bom para a estratificação de lotes de sementes de alface em função do vigor, onde o estresse imposto às sementes mostrou-se suficiente para indicar o lote de menor e maior vigor. Os resultados obtidos por eles na determinação do vigor das sementes de alface concordam com estudos realizados em outras hortaliças, indicando ser o teste de envelhecimento acelerado eficiente na separação de lotes quanto ao vigor, como por exemplo, em sementes de cebola (Piana et al., 1995), cenoura (Spinola et al., 1998), quiabo (Torres & Carvalho, 1998) e tomate (Panobianco & Marcos Filho, 2001; Rodo et al., 1998).

### **3.4 Germinação sob altas temperaturas**

Sementes de alface germinam em temperaturas próximas a 0°C, porém as temperaturas na faixa de 18 a 21°C são as mais indicadas (Menezes et al., 2000). Quando ocorrem condições de altas temperaturas durante a embebição das sementes de alface, dois diferentes fenômenos podem ser observados: a termo-inibição, um processo reversível, uma vez que a germinação ocorre quando a temperatura reduz para um nível mais adequado e/ou a termo-dormência, também chamada de dormência secundária, onde as sementes não germinarão, mesmo após a redução da temperatura. Nesse caso, entretanto, a germinação ocorrerá se as sementes forem tratadas com reguladores de crescimento ou forem submetidas ao condicionamento osmótico (Nascimento, 2003).

A temperatura máxima e crítica para a germinação das sementes de alface dependem do genótipo (Damania, 1986; Gray, 1975; Nascimento & Cantliffe, 2001; Thompson et al., 1979). Em geral, temperaturas acima de 30°C afetam a germinação das sementes, decrescendo a velocidade ou a porcentagem de germinação (Nascimento, 1998). Assim dependendo do local e da época de semeadura, a germinação das sementes pode ser reduzida ou nula, comprometendo a população de plantas da cultura.

Os processos fisiológicos e bioquímicos que controlam a dormência de sementes e o possível mecanismo da germinação de sementes de alface, principalmente em condições de altas temperaturas, ainda não são bem entendidos. Dentre alguns fatores que podem dificultar a germinação encontram-se: a impermeabilidade à troca de gases dos tecidos que cobrem o embrião, a impermeabilidade à absorção de água, o mal funcionamento do fitocromo, o efeito inibidor do ácido abscísico, a deficiência do potencial de crescimento do embrião, a inibição de enzimas que degradam os tecidos que cobrem o embrião e também a resistência mecânica destes tecidos (Nascimento, 2002).

Reguladores de crescimento como as citocininas, etileno e giberelinas, quando aplicados separadamente (soluções de 10 $\mu$ M) ou em combinação, podem inibir a termodormência e estimular a germinação das sementes de alface (Nascimento, 2002).

O etileno é um fitohormônio que atua como um potente regulador de crescimento, afetando vários processos do desenvolvimento das plantas, como crescimento, diferenciação e senescência (Kader, 1985; Smalle & Straeten, 1997). Esse fitohormônio pode ainda estimular a germinação e superar a dormência em várias espécies (Esashi, 1991). Apesar de o efeito do etileno ter sido reportado à mais de setenta anos, várias questões permanecem sem resposta, e embora seja aceito seu efeito na germinação de sementes em várias espécies, o seu mecanismo de ação ainda é pouco compreendido (Nascimento, 2000).

A produção de etileno pelas sementes começa imediatamente após o início da embebição de água e aumenta com o tempo (Nascimento, 2000). Em alface, o maior aumento na produção de etileno foi observado durante a emissão da radícula (Fu & Yang, 1983; Saini et al., 1989).

Nas sementes, o embrião é o principal local da produção de etileno (Esashi & Katoh, 1975; Ketring & Morgan, 1969). As concentrações efetivas de etileno para estimulação da germinação em sementes dormentes variam entre 0,1 e 200  $\mu$ l/L, dependendo da espécie (Corbineau & Côme, 1995). Para alface, 10  $\mu$ l/L de etileno foi relatada como sendo ótima para promover a germinação de sementes (Burdett & Vidaver, 1971). A capacidade de diferentes cultivares de alface em produzir etileno durante estresse geralmente respondeu com a habilidade de germinar em altas temperaturas (Prusinski & Khan, 1990).

Vários estudos reportaram que a síntese de etileno decresceu em temperaturas altas durante a embebição de sementes (Abeles, 1986; Burdett, 1972a, 1972b; Dunlap & Morgan, 1977; Khan & Huang, 1988). Em adição, o

efeito inibitório de temperaturas altas sobre a germinação de sementes de alface pode ser superado com a adição de etileno (Abeles, 1986; Abeles & Lonski, 1969; Burdett, 1972a; Dunlap & Morgan, 1977; Fu & Yang, 1983; Huang & Khan, 1992; Keys et al., 1975; Khan & Prusinski, 1989; Nascimento, 2000; Nascimento et al., 1998; Negm et al., 1972; Rao et al., 1975; Saini et al., 1989).

Altas temperaturas (35 a 40°C) inibem a produção de etileno em vários tecidos vegetais (Yu et al., 1980). Temperaturas altas podem diminuir tanto os níveis de ACC (1-aminociclopropano - 1 - ácido carboxílico) no tecido quanto sua conversão em etileno. Efeitos sobre os níveis de ACC foram observados a altas temperaturas em sementes de grão-de-bico (Galhardo et al., 1991) e alface (Huang & Khan, 1992). Neste último caso, aparentemente, a síntese de ACC foi afetada, enquanto no grão-de-bico houve indicação de que o ACC foi conjugado e, assim, tornou-se indisponível para a síntese de etileno.

O uso do Ethrel (precursor de etileno) na concentração de 500 ppm aplicado no substrato para a embebição de sementes, favoreceu a germinação de sementes de alface da cultivar Simpson, elevando sua germinação de 0 para 82%, sob temperatura de 35°C. No entanto, a aplicação de soluções de 100 e 200ppm de ácido giberélico não favoreceu o aumento da germinação a 35°C, apenas proporcionou um melhor vigor sob temperatura de 20°C (Bueno et al., 2008).

O etileno tem algum efeito no “amolecimento” (enfraquecimento) do endosperma das sementes de alface, permitindo assim sua germinação (Nascimento & Cantliffe, 2000); entretanto, esse amolecimento não tem sido correlacionado com o efeito direto do etileno como promotor da germinação. Abeles (1986) sugere que o etileno promove a expansão celular no hipocótilo em sementes de alface. Dutta & Bradford (1994) também concluíram, que o etileno atua primariamente no embrião ao invés de atuar nos tecidos que cobrem o mesmo. No entanto, Nascimento et al. (1999) deduziram que o etileno poderia

anular o efeito inibitório de altas temperaturas durante a germinação de sementes de genótipos de alface termo-sensitivos através do aumento da enzima endo- $\beta$ -mananase, possivelmente levando ao enfraquecimento do endosperma.

Acima de 30°C, com a provável inibição da germinação, o mecanismo de ação da germinação de sementes de alface em altas temperaturas se relaciona com o enfraquecimento do endosperma, o qual permite o crescimento do embrião. Esse enfraquecimento do endosperma tem sido associado com a indução da enzima endo- $\beta$ -mananase na região micropilar da semente (Nascimento & Cantliffe, 1999, 2000). Isso ocorre porque a parede celular do endosperma das sementes de alface é constituída, principalmente, de polissacarídeos, como galactomananos.

A parede celular das sementes é uma importante fonte de carboidratos em várias espécies, as quais podem ser subdivididas em três principais grupos: mananas, xyloglucanas, e galactanas (Meier & Reid, 1982 citado por Nascimento, 1998). Polímeros de manose depositados na parede celular do endosperma são as principais reservas de carboidratos nas sementes em várias espécies, incluindo alface. A parede celular nessas espécies é a primeira a perder a rigidez, permitindo, assim, a protusão da radícula.

Evidências têm sugerido que o endosperma pode retardar ou impedir a germinação das sementes, atuando como uma barreira física à emissão da radícula, especialmente sob condições desfavoráveis, como altas temperaturas. Em alguns casos, pode ocorrer germinação atípica, isto é, através dos cotilédones, e não da radícula (Nascimento, 2002).

Trabalhando com genótipos de alface termo-tolerantes e termo-sensíveis, Nascimento et al. (2000) observaram atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase a 35°C, antes da emissão da radícula, apenas nos genótipos termo-tolerantes. Dutta et al. (1997) também não observaram atividade da endo- $\beta$ -mananase em sementes de alface de uma cultivar termo-sensível, 'Pacific',

incubadas a 32°C. Possivelmente, sob altas temperaturas, a síntese de proteínas é afetada desfavoravelmente, ou fatores envolvidos na regulação da produção de endo- $\beta$ -mananase pelo endosperma são inibidos em genótipos termo-sensíveis, mas não em termo-tolerantes.

Nascimento & Cantliffe (2000) verificaram que sementes de alface 'Everglades', uma cultivar termo-tolerante, apresentaram baixa germinação quando foram embebidas à temperatura de 35°C no escuro, tendo sido observada baixa atividade enzimática nestas condições. Esses autores observaram, ainda, uma correlação significativa entre a atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase na região micropilar pouco antes da emissão da radícula, e a porcentagem de germinação.

Uma maior atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase no endosperma, antes da emissão da radícula, foi observada em situações onde as sementes germinaram adequadamente, e esse aumento da atividade da enzima contribuiu para o enfraquecimento do endosperma, especialmente sob condições de altas temperaturas, facilitando a protusão do embrião e, conseqüentemente, levando a uma condição de germinação (Nascimento, 2003).

Um fator crítico nos estudos com etileno é a resposta da germinação das sementes aos vários inibidores de etileno. Aminoetoxivinilglicina (AVG), um inibidor da síntese de etileno, teve pouca influência na germinação de sementes de alface (Nascimento, 2000). Este resultado sugere que as sementes provavelmente tiveram pouco requerimento ao etileno, requerimento este satisfeito através de resíduo da síntese de etileno ocorrendo na presença de AVG. Nascimento (1998) mencionou que o AVG não inibiu a germinação das sementes de alface, devido à presença de níveis endógenos de ACC que foram convertidos em etileno em quantidades suficientes para a germinação ocorrer. Com a embebição de sementes de alface sob condições de altas temperaturas,

inibidores de etileno como AVG ou tiosulfato de prata diminuíram a germinação e inibiram a produção de etileno.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELES, F. B.; LONSKI, J. Stimulation of lettuce seed germination by ethylene. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 44, n. 2, p. 277-280, Feb. 1969.
- ABELES, F. B. Role of ethylene in *Lactuca sativa* cv. 'Grand Rapids' seed germination. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 81, n. 3, p. 780-787, July 1986.
- AGUIAR, R. G. de. **Comportamento de famílias F<sub>2,3</sub> de alface (*Lactuca sativa* L.), originadas de cruzamentos entre cultivares contrastantes quanto a características vegetativas e pendoamento precoce**. 2001. 43 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- AZEVEDO, S. M.; MOMENTÉ, V. G.; SILVEIRA, M. A.; SÁ, M. de; MALUF, W. R.; BLANK, A. Avaliação de cultivares de alface para as condições quente e úmida do Estado do Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37., 1997, Manaus. **Anais...** Manaus: SOB, 1997. p. 629-630.
- BIAS, A. L. F.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; ZIMMER, G. J. Métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão vigna. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 651-660, jul. 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 1992. 365 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro nacional de cultivares**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2008.
- BUENO, A. C. R.; VILELA, R. P.; GUIMARÃES, R. M.; SOUZA, R. J. de; CARVALHO, B. O.; COSTA, R. R. Efeito do ethrel e ácido-giberélico na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar Simpson. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48., 2008, Maringá. **Resumos...** Maringá: ABH, 2008. 1 CD –ROM.
- BURDETT, A. N. Antagonistic effects of high and low temperature pretreatments on the germination and pregermination ethylene synthesis of lettuce seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 50, n. 2, p. 201-204, Aug. 1972a.

BURDETT, A. N. Ethylene synthesis in lettuce seeds: its physiological significance. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 50, n. 6, p. 719-722, Dec. 1972b.

BURDETT, A. N.; VIDAVER, W. E. Synergistic action of ethylene with gibberellin or red light in germinating lettuce seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 48, n. 5, p. 656-657, Nov. 1971.

CAETANO, L. C. S.; FERREIRA, J. M.; ARAUJO, M. L. de; SILVA, V. V.; LEAL, M. A. de A.; ANDRADE, W. E. de B.; COELHO, R. G.; CUNHA, H. C. da; SARMENTO, W. da R. M.; CUNHA, H.; STORCH, M.; COSTA, R. A. da; SILVA, J. A. da C. **A cultura da alface: perspectivas, tecnologias e viabilidade**. Niterói: PESAGRO-RIO, 2001. 23 p.

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

CORBINEAU, F.; CÔME, D. Control of seed germination and dormancy by the gaseous environment. In: KIEGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 397-424.

COSTA, C. P. da; SALA, F. C. Produção de sementes de alface. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 5., 2005, Brasília. **Palestras...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 1 CD-ROM.

DAMANIA, A. B. Inhibition of seed germination in lettuce at high temperature. **Seed Research**, New Delli, v. 14, p. 177-184, 1986.

DELOUCHE, J. C. Environmental effects on seed development and seed quality. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 775-780, Dec. 1980.

DUNLAP, J. R.; MORGAN, P. W. Reversal of induced dormancy in lettuce by ethylene, kinetin, and gibberellic acid. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 60, n. 2, p. 222-224, Apr. 1977.

DUTTA, S.; BRADFORD, K. J.; NEVINS, D. J. Endo- $\beta$ -mannanase present in cell wall extracts of lettuce endosperm prior to radicle emergence. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 113, n. 1, p. 155-161, 1997.

DUTTA, S.; BRADFORD, K. J. Water relations of lettuce seed thermoinhibition: II: ethylene and endosperm effects on base water potential. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, p. 11-18, 1994.

ESASHI, Y. Ethylene and seed germination. In: MATTOO, A. K.; SUTTLE, J. C. **The plant hormone ethylene**. Boca Raton: CRC, 1991. p. 133-157.

ESASHI, Y.; KATOH, H. Dormancy and impotency of cocklebur seeds. III. CO<sub>2</sub> – and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-dependent growth of the embryonic axis and cotyledon segments. **Plant Cell Physiology**, Sendai, v. 16, n. 4, p. 707-718, 1975.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FIORINI, C. V. A. **Caracterização de famílias de alface quanto à resistência aos nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.), tolerância ao pendoamento precoce e características comerciais**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stress during seed filling. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 1, p. 107-116, Apr. 1993.

FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C.; WRASSE, C. F. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 63-69, dez. 2004.

FU, J. R.; YANG, S. F. Release of heat pretreatment-induced dormancy in lettuce seeds by ethylene or cytokinin in relation to the production of ethylene and the synthesis of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid during germination. **Plant Growth Regulator**, New York, v. 2, n. 1, p. 185-192, Feb. 1983.

GALLARDO, M.; DELGADO, M. del M.; SANCHEZ-CALLE, I. M.; MATILLA, A. J. Ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid conjugation in thermoinhibited *Cicer arietinum* L. seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 97, n. 1, p. 122-127, Sept. 1991.

GRAY, D. Effects of temperature on the germination and emergence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties. **HortScience**, Alexandria, v. 50, p. 349-361, 1975.

GUZMAN, V. L.; NAGATA, R. T.; DATNOFF, L. E.; RAID, R. N. 'Florida 202' and 'Everglades': New butterhead lettuce cultivars adapted to Florida. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 7, p. 852-853, July 1992.

HAWTHORN, L. R.; POLLARD, L. H. **Vegetable and flower seed production**. New York: Blokiston, 1954. 626 p.

HUANG, X. L.; KHAN, A. A. Alleviation of thermoinhibition in preconditioned lettuce seeds involves ethylene, not polyamine biosynthesis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, p. 841-845, Sept. 1992.

KADER, A. A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v. 20, n. 1, p. 54-57, Feb. 1985.

KETRING, D. L.; MORGAN, P. W. Ethylene as a component of the emanations from germinating peanut seeds and its effect on dormant Virginia-type peanut seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 44, n. 3, p. 326-330, Mar. 1969.

KEYS, R. D.; SMITH, O. E.; KUMAMOTO, J.; LYON, J. L. Effect of gibberellic acid, kinetin, and ethylene plus carbon dioxide on the thermodormancy of lettuce seed (*Lactuca sativa* L. cv. Mesa 659). **Plant Physiology**, Lancaster, v. 56, n. 6, p. 826-829, Dec. 1975.

KHAN, A. A.; HUANG, K. L. Synergistic enhancement of ethylene production and germination with kinetin and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in lettuce seeds exposed to salinity stress. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 87, n. 4, p. 847-852, Aug. 1988.

KHAN, A. A.; PRUSINSKI, J. Kinetin enhanced 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid utilization during alleviation of high temperature stress in lettuce seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 91, n. 2, p. 733-737, 1989.

MALUF, W. R. Melhoramento genético da alface (*Lactuca sativa* L.). In: MELHORAMENTO genético de hortaliças. Lavras: UFLA, 1994a. 189 p. Apostila.

MALUF, W. R. Produção de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). In: PRODUÇÃO de sementes de hortaliças. Lavras: UFLA, 1994b. 118 p. Apostila.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

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

MEIER, H.; REID, J. S. G. Reserve polysaccharides other than starch in higher plants. In: LOEWUS, F. A.; TANNER, W. **Encyclopedia of plant physiology: plant carbohydrates I. Intracellular carbohydrates**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 418-471.

MENEZES, N. L. de; SANTOS, O. S. dos; NUNES, E. P.; SCHMIDT, D. Qualidade fisiológica de sementes de alface submetidas a diferentes temperaturas na presença e ausência de luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 941-945, nov. 2000.

MENEZES, N. L. de; SANTOS, O. S. dos; SCHMIDT, D. Produção de sementes de alface em cultivo hidropônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 705-706, jul. 2001.

NAGAI, H. Alface tipo manteiga. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed). **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. p. 204-221.

NAGAI, H. Obtenção de novas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistentes ao mosaico e ao calor: Brasil-303 e 311. **Revista de Olericultura**, Botucatu, v. 18, p. 14-21, 1980.

NAGAI, H.; COSTA, A. S. Seleção de novas linhagens de alface resistentes ao mosaico e ao calor. **Revista de Olericultura**, Botucatu, v. 13, p. 27-28, 1973.

NAGAI, H.; LISBÃO, R. S. Observação sobre resistência ao calor em alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista de Olericultura**, Botucatu, v. 18, p. 7-13, 1980.

NASCIMENTO, W. M. Envolvimento do etileno na germinação de sementes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 12, p. 163-174, 2000.

NASCIMENTO, W. M. **Germinação de sementes de alface**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 10 p. (Circular Técnica, 29).

NASCIMENTO, W. M. **Involvement of ethylene and endo-beta-mannanase in lettuce seed germination at high temperature**. 1998. 138 p. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Florida, Gainesville.

NASCIMENTO, W. M. Mecanismo de germinação de sementes de alface em altas temperaturas: envolvimento da enzima endo- $\beta$ -mananase. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 13, n. 1-2, p. 51-54, ago. 2003.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Circumventing thermodormancy in lettuce. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 504, p. 147-152, 1999.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Composição química do endosperma, atividade enzimática e sua associação com a germinação das sementes de alface em altas temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 121-126, jul. 2001.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Produção de etileno, atividade de endo- $\beta$ -mananase e germinação de sementes de alface em resposta a luz e temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 1-5, jul. 2000.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J.; HUBER, D. J. Endo- $\beta$ -mannanase activity and seed germination of thermosensitive lettuce genotype in response to temperature and seed priming. **HortScience**, Alexandria, v. 33, p. 542, June 1998.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J.; HUBER, D. J. Lettuce seed germination and endo- $\beta$ -mannanase activity at high temperature is stimulated by ethylene. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 513, June 1999.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J.; HUBER, D. J. Thermotolerance in lettuce seeds: association with ethylene and endo- $\beta$ -mannanase. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, p. 518-524, July 2000.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 175-179, 2007.

NEGM, F. B.; SMITH, O. E.; KUMAMOTO, J. Interaction of carbon dioxide and ethylene in overcoming thermodormancy of lettuce seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 49, n. 6, p. 869-872, June 1972.

NERY, M. C.; NERY, F. C.; GOMES, L. A. A. **O mercado e a participação de sementes de hortaliças no Brasil**. 2007. Disponível em:

<[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/sementes/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/sementes/index.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2008.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525-531, jul. 2001.

PIANA, Z.; TILLMANN, M. A. A.; MINAMI, K. Avaliação fisiológica de sementes de cebola e sua relação com a produção de mudas vigorosas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 149-153, jul. 1995.

PRUSINSKI, J.; KHAN, A. A. Relationship of ethylene production to stress alleviation in seeds of lettuce cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, p. 294-298, Mar. 1990.

RAO, V. S.; SANKHLA, N.; KHAN, A. A. Additive and synergistic effect of kinetin and ethrel on germination, thermodormancy, and polyribosome formation in lettuce seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 56, n. 2, p. 263-266, Aug. 1975.

RODO, A. B.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 23-28, jan. 1998.

RYDER, E. J.; WHITAKER, T. N. Lettuce. In: **EVOLUTION of crop plants**. New York: Longman, 1976. p. 39-41.

RYDER, E. J. Lettuce breeding. In: BASSET, M. (Ed.). **Breeding vegetable crops**. Westport: AVI, 1986. p. 433-474.

SAINI, H. S.; CONSOLACION, E. D.; BASSI, P. K.; SPENCER, M. S. Control processes in the induction and relief of thermoinhibition of lettuce seed germination: actions of phytochrome and endogenous ethylene. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 90, n. 1, p. 311-315, May 1989.

SILVA, E. C. da; BARBOSA, R. M.; LIMA, M. C. B. Avaliação de famílias F<sub>3</sub> de alface e seleção de linhagens para cultivo protegido no solo e em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 278, jul. 2002. Suplemento.

- SILVA, E. C. da. **Estudos genéticos relacionados à adaptação da alface (*Lactuca sativa* L.) sob altas temperaturas em cultivo protegido na região norte fluminense.** 1997. 69 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- SILVEIRA, M. A.; ANDRÉ, C. M. G.; NOGUEIRA, S. R.; SANTANA, W. R. Seleção de progênies de alface contra o pendoamento precoce e resistência aos nematóides de galhas *Meloidogyne* spp. em condições de campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 278, jul. 2002. Suplemento.
- SMALLE, J.; STRAETEN, D. van der. Ethylene and vegetative development. **Physiologia Plantarum**, Edinburgh, v. 100, p. 593-605, 1997.
- SPINOLA, M. C. M.; CALIARI, M. F.; MARTINS, L.; TESSAROLI NETO, J. Comparação entre métodos para avaliação do vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 301-395, jul. 1998.
- TESSARIOLI NETO, J. Qualidade fisiológica e tamanho de sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 201-204, jan. 2001.
- THOMPSON, P. A.; COX, S. A.; SANDERSON, R. H. Characterization of the germination responses to temperature of lettuce (*Lactuca sativa* L.) achenes. **Annals of Botany**, London, v. 43, p. 319-334, 1979.
- TORRES, S. B.; CARVALHO, I. M. S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 209-211, jan. 1998.
- TORRES, S. B.; MINAMI, K. Qualidade fisiológica das sementes de pimentão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 109-112, jan. 2000.
- VIGGIANO, J. Produção de sementes de alface. In: CASTELLANE, P. D. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. p. 1-15.
- YU, Y. B.; ADAMS, D. O.; YANG, S. F. Inhibition of ethylene production by 2,4 dinitrophenol and high temperature. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 66, n. 2, p. 286-290, Aug. 1980.

## **CAPÍTULO 2**

### **PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE CULTIVARES DE ALFACE EM DUAS ÉPOCAS DE PLANTIO**

## RESUMO

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura que têm o objetivo de fornecer informações técnico-científicas no que diz respeito ao manejo das culturas olerícolas visando à produção e à qualidade de sementes. Estudos sobre a produção de sementes de alface em diferentes épocas de plantio podem proporcionar uma alavanca para que o produtor de sementes dessa cultura utilize de um manejo mais rentável para sua área de produção, aumentando, assim, os seus lucros e maximizando a sua produção. As condições climáticas durante as diversas etapas da produção das sementes podem exercer influência direta sobre o vigor destas. Sendo assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar oito cultivares de alface quanto à qualidade fisiológica e à produção de sementes em ambiente protegido, nas condições de verão e inverno, na região de Lavras – MG. As plantas foram avaliadas com relação ao pendoamento e antese. Após a colheita e beneficiamento, as sementes foram pesadas e submetidas aos testes de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação sob temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado (41°C/48-72 horas). Os maiores rendimentos na produção de sementes de alface na região de Lavras, em cultivo protegido, foram obtidos no inverno, sendo a maior produtividade e maior qualidade de sementes obtida com a cultivar Vera. Entretanto, a produção de sementes da cultivar Luisa no período do verão favorece sua capacidade de germinação sob condições de temperaturas elevadas. As cultivares Lívia e Simpson mostraram vigor mais baixo quando produzidas no verão e a Elisa quando a produção foi realizada no inverno, sob condições de cultivo protegido.

## ABSTRACT

There are few studies in the literature aimed at providing technical and scientific information regarding the vegetable crop management during lettuce seed production. Studies on the seed production of lettuce under different seasons may provide a better understanding to the grower, maximizing their profits by increasing their production. Weather conditions during the different stages of lettuce seed production may exert direct influence on seed vigor. Therefore, the objective of this study was to evaluate eight lettuce cultivars on the seed production and seed physiological quality under protected conditions during summer and winter in Lavras – MG region. The plants were evaluated in terms of tasseling and flowering. After harvesting and processing, seeds were weighed and subjected to germination, first count, germination rate under temperatures of 20, 25, 30 and 35°C, seedling emergency, emergency rate, accelerated aging (41° C/48-72 hours). The highest lettuce seed production of lettuce in greenhouse condition was observed during the winter. The higher yield and seed quality was obtained in ‘Vera’. However, seed production of ‘Luisa’ during the summer increases its germination at high temperatures. Cultivars ‘Lívia’ and ‘Simpson’ had lower seed vigor when produced in summer and ‘Elisa’ when production in winter.

## 1 INTRODUÇÃO

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura que têm o objetivo de fornecer informações técnico-científicas no que diz respeito ao manejo das culturas olerícolas visando à produção de sementes. Um manejo inadequado das culturas pode levar a uma menor rentabilidade ou mesmo ao prejuízo, devido à obtenção de sementes de pior qualidade. Torna-se, assim, de grande importância para produtores de sementes de hortaliças, que instituições de pesquisa desenvolvam trabalhos que gerem o conhecimento necessário para que ocorra uma melhoria na qualidade e na produtividade das sementes. Nesse contexto, estudos sobre a produção de sementes de alface em diferentes épocas de plantio podem proporcionar uma alavanca para que o produtor de sementes desta cultura utilize de um manejo mais rentável para sua área de produção, aumentando, assim, seus lucros e maximizando sua produção.

No Brasil, estão registrados no SNPC 380 cultivares de alface atualmente (MAPA/ RNC, 2008) e apesar da disponibilidade de cultivares nacionais, de características aceitáveis, e da existência de áreas extremamente favoráveis para a produção de sementes poucos são os estudos realizados nesta área. Além disso, existe ainda neste setor uma grande dependência de importação de sementes, sendo que o Brasil importou, em 2005, 1.360,347 kg de sementes de alface (Nery et al., 2007).

A planta é anual, florescendo sob dias longos e temperaturas mais elevadas na etapa reprodutiva do ciclo da cultura, que se inicia com o pendoamento. A temperatura é o fator mais importante para o florescimento da alface, acima de 20°C estimula o pendoamento, que é acentuado à medida que a temperatura cresce (Croda et al., 2008).

O ciclo das alfaves cultivadas no Brasil, para a produção de sementes, varia em função do clima, cultivar e local, podendo alcançar 120 a 170 dias. Em

cultivo protegido, esse período se reduz para 100 a 120 dias (Menezes et al., 2001).

Os rendimentos são bastante variáveis dependendo da cultivar, do local de produção e das condições climáticas. A produtividade entre cultivares pode variar desde 372 até 1179 Kg/ha (Viggiano, 1990). Cada cultivar possui suas características principais e algumas distintas, podendo haver uma maior dificuldade para o pendoamento e a produção de sementes (Filgueira, 2003).

A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica é pré-requisito para se alcançar um ótimo estabelecimento de plântulas 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).

As condições climáticas durante as diversas etapas do desenvolvimento das sementes podem exercer influência direta sobre a qualidade atingida na maturidade. A ocorrência de temperaturas elevadas durante a maturação pode provocar a redução da translocação de fotossintatos para as sementes (Marcos Filho, 2005). Nessas condições, a maturação é “forçada”, sendo produzidas sementes de baixo vigor (França Neto et al., 1993) porque não se verifica a deposição natural de nutrientes.

A temperatura tem grande influência na germinação de sementes de alface, sendo que a temperatura ótima está em torno de 20°C, e a maioria das cultivares não germinam em temperaturas superiores a 30°C. A região geográfica onde as sementes de alface são produzidas afeta significativamente o desempenho das sementes durante a germinação. Independentemente do genótipo, sementes produzidas sob altas temperaturas germinam melhor do que aquelas produzidas sob baixas temperaturas. Assim, a maturação das sementes em condições de altas temperaturas supera parcialmente o efeito inibitório de altas temperaturas durante a germinação (Nascimento, 2002).

Por essa razão, deve-se dirigir atenção especial à escolha da época mais adequada para a semeadura do campo de produção de sementes, procurando a coincidência entre as condições climáticas mais favoráveis e as exigências da planta nos seus diversos estádios de desenvolvimento (Viggiano, 1990).

Sementes consideradas vigorosas são mais efetivas na mobilização e utilização de suas reservas energéticas, como consequência, há maior capacidade metabólica, resultando na emergência mais rápida e uniforme, além do desenvolvimento de plântulas normais sob diferentes condições de campo (Marcos Filho, 2005).

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes para fins de semeadura e comercialização tem sido rotineiramente baseada no teste de germinação, que fornece resultados referentes às plântulas normais produzidas por um lote de sementes, de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 1992). No entanto, o conhecimento do vigor das sementes poderá indicar com maior precisão seu potencial de desempenho no campo. Estudos sobre o vigor de sementes de alface têm indicado testes como o de envelhecimento acelerado em conjunto com a primeira contagem do teste de germinação e/ou comprimento da raiz primária, como parâmetros para a melhor escolha dos lotes de sementes (Franzin et al., 2004; Nascimento & Pereira, 2007).

Sendo assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar oito cultivares de alface quanto à qualidade fisiológica e à produção de sementes em ambiente protegido, nas condições de verão e inverno, na região de Lavras – MG.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com armação de madeira coberta com plástico aditivado anti-UV de 100 micras de espessura e 14 m de comprimento, 6 m de largura e 3,8 m de altura na parte mais alta e, um pé direito de 2,5 m; no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras-UFLA / MG.

Os genótipos utilizados para a produção de sementes foram: Regina 2000, cultivar de folhas lisas, tolerante ao pendoamento precoce e ao calor, não forma cabeça. Ciclo de 70-80 dias. Livia, cultivar de folhas lisas, com tolerância à germinação sob condições de temperaturas elevadas, adaptada a regiões de clima quente; resistente ao LMV. Ciclo médio de 65 dias. Babá de Verão, cultivar de folhas lisas; suporta temperaturas elevadas. Ciclo de 50 dias no verão e 70 dias no inverno. Luisa, cultivar de folhas lisas; resistente ao calor e pendoamento precoce. Ciclo de 70-80 dias. Elisa, cultivar de folhas lisas; alta uniformidade de campo e alta resistência ao pendoamento. Alto nível de resistência a *Lettuce mosaic vírus* estirpe 2. Ciclo de 65-75 dias. Verônica, cultivar de folhas crespas, tolerante ao pendoamento precoce. Ciclo de 60-70 dias. Vera, cultivar de folhas crespas; apresenta alta resistência ao pendoamento precoce. Ciclo de 60-70 dias. Simpson, cultivar de folhas crespas, tolerante a temperaturas elevadas. Ciclo de 60 dias no verão e 80 dias no inverno.

Foram realizados dois cultivos, um no inverno de 2007 e outro no verão de 2007/2008. As sementeiras ocorreram nos meses de março e outubro em bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 128 células, utilizando-se o substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, e duas a três sementes por célula. Após a germinação, quando as plântulas apresentaram o estágio de primeira folha definitiva, procedeu-se o desbaste, deixando apenas uma planta em cada célula até o término da fase de produção de mudas. Posteriormente, as plantas foram

transplantadas para vasos (5 litros) com terra de subsolo, areia e esterco de codorna nas proporções de 50, 25 e 25%, respectivamente. Foram anotadas, diariamente, as temperaturas máximas e mínimas nas alturas de 0,15 e 2,00 m de altura dos vasos durante todas as etapas, as quais ocorreram em casa de vegetação, com sistema de fertirrigação por gotejamento. O espaçamento entre vasos foi de 0,80 x 0,40 m, sendo cada parcela composta de seis plantas conduzidas até o florescimento e a obtenção de sementes.

Após o transplântio para os vasos, as plantas foram medidas diariamente, sendo computada a data em que atingiram 40 cm de altura para determinação do início do pendramento e também a data em que a primeira flor se abriu para a determinação da antese.

O ponto de colheita foi determinado aos 10 dias após 60 – 70% das flores abertas (Menezes et al., 2001). As sementes foram colhidas manualmente, sendo toda a inflorescência envolvida por um saco de papel, e cortadas e secadas por 72 horas em câmaras de circulação de ar à 30°C, para facilitar a debulha durante o beneficiamento, posteriormente, foram separadas e limpas em peneiras. O grau de umidade das sementes foi determinado pelo método de estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas (Brasil, 1992), com duas repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem.

As sementes de cada seis plantas que constituíram as parcelas foram pesadas, sendo calculada a massa de sementes em Kg/ha, de acordo com o número de plantas do espaçamento utilizado. Realizou-se ainda o cálculo da massa de mil sementes segundo metodologia descrita por Brasil (1992), em que oito repetições de 100 sementes foram pesadas em balança analítica e calculado o desvio padrão e o coeficiente de variação, sendo os resultados expressos em gramas.

Em seguida as sementes foram novamente secas até atingirem a média de 6 % de umidade, em câmaras de circulação de ar a 30°C, no Laboratório de

Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras-UFLA/MG, onde foram submetidas às determinações e testes descritos a seguir:

Para a realização do teste de germinação a semeadura foi realizada com quatro repetições de 50 sementes em caixas acrílicas do tipo *gerbox*, sob duas folhas de papel de germinação *germibox*, previamente umedecidos com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel. As sementes foram mantidas em 20, 25, 30 e 35°C. Foi determinada a porcentagem de germinação a partir da contagem final das sementes germinadas (emissão da radícula) após sete dias de incubação.

A primeira contagem foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, que constituiu no registro da porcentagem de sementes germinadas (emissão da radícula), efetuada no quarto dia após a semeadura. O índice de velocidade de germinação foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), computando-se o número de sementes protundidas a partir da emissão de 1 mm de radícula.

A emergência foi realizada em substrato solo e areia na proporção 1:2 em bandejas plásticas. A umidade do substrato foi ajustada para 60% da capacidade de retenção. Após a semeadura das quatro repetições de 50 sementes, as bandejas foram mantidas à temperatura de 20°C. A partir do início da emergência, foram realizadas avaliações diárias computando-se o número de plantas emergidas até a estabilização do estande. O índice de velocidade de emergência foi determinado segundo fórmula proposta por Maguire (1962).

Para o teste de envelhecimento acelerado foram utilizadas caixas tipo *gerbox*, com compartimentos individuais (mini-câmaras), possuindo no interior uma bandeja com tela metálica, onde as sementes foram distribuídas de maneira uniforme. Dentro de cada *gerbox* foram adicionados 40mL de água destilada, e as caixas foram colocadas em uma câmara tipo BOD regulada a 41°C, durante períodos de 48 e 72 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas ao teste

de germinação, conforme descrito anteriormente, apenas na temperatura de 20°C, com contagem aos sete dias.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, para as variáveis de determinação do número de dias para início do pendoamento, da abertura da primeira flor, da massa de sementes em Kg/ha, da massa de mil sementes, da emergência e do índice de velocidade de emergência; os dados foram analisados em esquema fatorial 8x2 (8 genótipos, 2 épocas de produção). Para os testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação os dados foram analisados em esquema fatorial 8x2x4 (8 genótipos, 2 épocas de produção e 4 temperaturas de incubação). No teste de envelhecimento acelerado os dados foram analisados em esquema fatorial 8x2x2 (8 genótipos, 2 épocas de produção e 2 períodos de envelhecimento). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Sendo transformados os dados de porcentagem de germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado em raiz quadrada de  $Y + 0.5 - \text{SQRT} ( Y + 0.5 )$ . As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR<sup>®</sup>, versão 4.0 (Ferreira, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados climáticos no interior da casa de vegetação, (Figura 1) no período de produção das sementes de alface, a temperatura máxima de inverno variou entre 20 e 45°C e a mínima entre 5 e 19°C, enquanto a máxima de verão variou entre 27 e 53°C e a mínima entre 13 e 30°C aproximadamente.

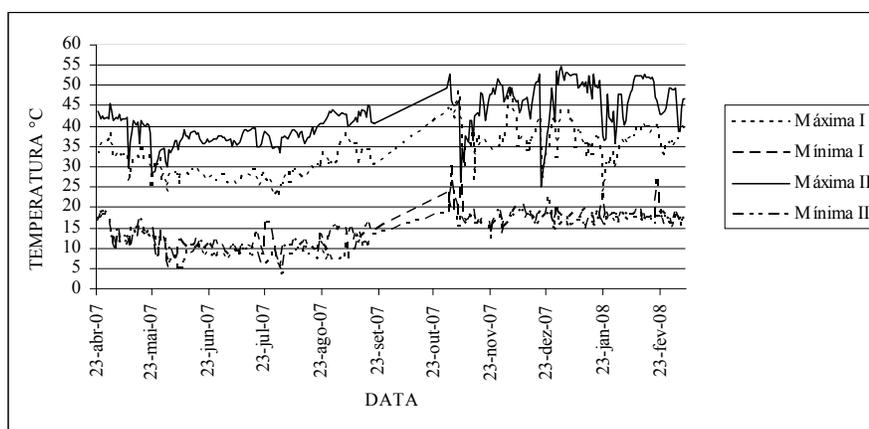


FIGURA 1 Média diária da temperatura máxima e mínima I (0,15m de altura do solo) e máxima e mínima II (2,0m de altura do solo), registrada no decorrer do período de produção de sementes de alface no inverno (2007) e no verão (2007/2008).

A temperatura máxima variando entre 25 e 40°C durante o período de inverno, 20 dias antes do pendoamento, favoreceu o crescimento vegetativo das plantas de alface (Figura 2) (Tabela 1). No entanto, a temperatura máxima, mais elevada variando entre 25 e 53°C (Figura 3) durante o cultivo de verão explicam a precocidade no pendoamento e florescimento das cultivares. Isso ocorre porque a temperatura é o fator mais importante para o pendoamento e florescimento da alface (Viggiano, 1990).

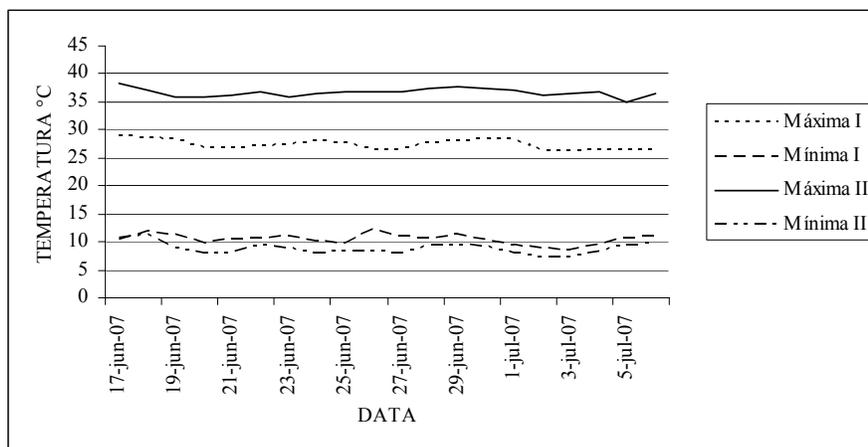


FIGURA 2 Média diária da temperatura máxima e mínima I (0,15m de altura do solo) e máxima e mínima II (2,0m de altura do solo), registrada 20 dias antes do período de pendoamento das plantas de alface no inverno (2007).

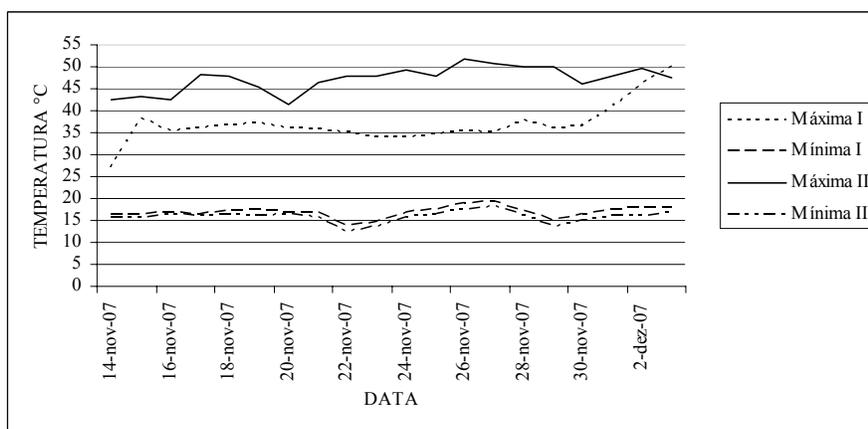


FIGURA 3 Média diária da temperatura máxima e mínima I (0,15m de altura do solo) e máxima e mínima II (2,0m de altura do solo), registrada 20 dias antes do período de pendoamento das plantas de alface no verão (2007/2008).

A cultivar Regina 2000 foi mais tardia quanto a abertura da primeira flor e ao pendoamento tanto no inverno quanto no verão, enquanto a cultivar Simpson foi mais precoce nas duas situações (Tabela 1). Dias longos associados a temperaturas elevadas, aceleram o processo o qual é também dependente da cultivar. Determinadas cultivares de verão, resistentes ao pendoamento precoce, podem apresentar certa dificuldade para pendoar e florescer, sendo algumas vezes necessário o uso de técnicas específicas para induzir o florescimento (Viggiano, 1990).

Entretanto não se pode correlacionar a precocidade da antese ao pendoamento, pois a cultivar Elisa foi uma das mais precoces na abertura da primeira flor (antese) e também uma das mais tardias no pendoamento em condições de verão (Tabela 1). Isso favorece tanto a sua produção comercial em regiões de clima quente, quanto a sua produção de sementes, tendo em vista que Viggiano (1990) recomenda o plantio em épocas de temperaturas mais amenas, para que ocorra o favorecimento do crescimento da fase vegetativa antes do início da fase reprodutiva.

TABELA 1 Número de dias para o início do pendoamento (altura da planta  $\geq$  40 cm) e abertura da primeira flor (antese) de cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares    | Épocas de produção       |         |                     |         |
|---------------|--------------------------|---------|---------------------|---------|
|               | Verão                    | Inverno | Verão               | Inverno |
|               | Pendoamento (n° de dias) |         | Antese (n° de dias) |         |
| Lívia         | 79 aB                    | 108 bA  | 96 bB               | 142 bA  |
| Babá de Verão | 73 bB                    | 97 dA   | 95 cB               | 126 cA  |
| Luisa         | 78 aB                    | 110 bA  | 100 aB              | 140 bA  |
| Regina 2000   | 77 aB                    | 113 aA  | 101 aB              | 146 aA  |
| Simpson       | 68 cB                    | 88 eA   | 94 cB               | 115 dA  |
| Elisa         | 77 aB                    | 108 bA  | 95 cB               | 143 bA  |
| Vera          | 76 aB                    | 112 aA  | 97 bB               | 146 aA  |
| Verônica      | 74 bB                    | 103 cA  | 96 bB               | 127 cA  |
| CV (%)        | 2,06                     |         | 1,84                |         |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Temperaturas acima de 20°C estimulam o pendoamento da alface, que é acentuado à medida que a temperatura aumenta. Dias longos associados a temperaturas elevadas aceleram o processo, o qual é também dependente da cultivar (Nagai, 1980; Ryder, 1986; Viggiano, 1990). O início do alongamento da haste floral assinala o fim do estágio comercial e o começo da fase reprodutiva (Maluf, 1994). A ocorrência deste fenômeno varia de cultivar para cultivar, sendo as de pendoamento precoce, ou de inverno, impróprias para o cultivo em temperaturas mais elevadas, onde o processo é acelerado.

Sementes de cultivares produzidas no período de inverno foram mais produtivas que no verão, exceto a cultivar Verônica que obteve maior produtividade no verão com 975,94 Kg/ha (Tabela 2). O clima mais ameno pode ter favorecido o melhor desenvolvimento vegetativo contribuindo para uma maior produção de sementes no inverno. As maiores produtividades foram obtidas com as cultivares Vera (1370,31 Kg/ha) no inverno e Simpson (1012,50 Kg/ha) no verão. Sendo a cultivar Elisa a de menor produção de sementes no período do inverno.

TABELA 2 Massa de mil sementes (MMS) em gramas e massa da produção de sementes (MPS) em Kg/ha de cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares    | Épocas de produção |         |             |            |
|---------------|--------------------|---------|-------------|------------|
|               | Verão              | Inverno | Verão       | Inverno    |
|               | MMS (g)            |         | MPS (Kg/ha) |            |
| Lívia         | 0,72 aB            | 1,13 aA | 396,88 gB   | 760,31 gA  |
| Babá de Verão | 0,83 aB            | 1,17 aA | 646,63 dB   | 870,31 eA  |
| Luisa         | 0,98 aB            | 1,18 aA | 499,38 eB   | 1217,19 bA |
| Regina 2000   | 0,70 aB            | 1,11 aA | 337,50 hB   | 842,50 fA  |
| Simpson       | 0,96 aB            | 1,29 aA | 1012,50 aB  | 1069,06 cA |
| Elisa         | 0,95 aB            | 1,15 aA | 455,00 fB   | 650,94 hA  |
| Vera          | 0,80 aA            | 0,76 bA | 696,56 cB   | 1370,31 aA |
| Verônica      | 0,78 aA            | 0,96 bA | 975,94 bA   | 911,56 dB  |
| CV (%)        | 17,38              |         | 1,84        |            |

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A cultivar Regina 2000 foi a menos produtiva no período do verão com apenas 337,50 Kg/ha, no entanto, em cultivo protegido de inverno sua produção foi de 842,50 Kg/ha, (Tabela 2) e apesar de não apresentar alto rendimento em produção de sementes, com relação às outras cultivares foi mais expressiva do que quando produzida por Menezes et al. (2001) em cultivo hidropônico, com rendimento de 633 kg/ha e por Viggiano (1990) em cultivo convencional com 270 Kg/ha.

A massa de 1000 sementes variou de 0,70 a 1,29g, não apresentando diferença significativa entre cultivares com relação à produção de sementes no verão. As sementes produzidas no inverno obtiveram maior massa que as de verão (Tabela 2). Entretanto, as sementes das cultivares Vera e Verônica apresentaram uma menor massa que as sementes das outras cultivares produzidas no inverno.

O grau de umidade das sementes variou de 6,0% a 8,9% após serem colhidas, secas e beneficiadas. A umidade média foi de 8,2% e 6,7% para os cultivos de verão e inverno respectivamente (Tabela 3).

TABELA 3 Grau de umidade (U) de sementes de cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares    | Épocas de produção |         |
|---------------|--------------------|---------|
|               | Verão              | Inverno |
|               | U (%)              |         |
| Lívia         | 8,2                | 7,0     |
| Babá de Verão | 8,2                | 6,0     |
| Luisa         | 7,6                | 6,5     |
| Regina 2000   | 8,1                | 6,8     |
| Simpson       | 8,0                | 6,4     |
| Elisa         | 8,3                | 7,0     |
| Vera          | 8,5                | 7,3     |
| Verônica      | 8,9                | 6,5     |
| Média         | 8,2                | 6,7     |

Independente da época de produção de sementes das oito cultivares testadas, o aumento da temperatura de incubação reduziu a germinação das sementes (Tabela 4). Resultados semelhantes foram observados por Nascimento & Pereira (2007) com a cultivar Everglades que teve a sua porcentagem de germinação bastante reduzida quando incubada sob temperatura elevada (35°C).

TABELA 4 Germinação (%) sob temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C de sementes de diferentes cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares/<br>Temperatura | Épocas de Produção |           |       |      |           |       |       |       |
|----------------------------|--------------------|-----------|-------|------|-----------|-------|-------|-------|
|                            | Inverno            |           |       |      | Verão     |       |       |       |
|                            | 20°C               | 25°C      | 30°C  | 35°C | 20°C      | 25°C  | 30°C  | 35°C  |
| Lívia                      | 100<br>aA          | 96 aA     | 4 dB  | 0 aB | 80 cA     | 70 cB | 9 dC  | 6 bC  |
| Babá de Verão              | 100<br>aA          | 100<br>aA | 6 dB  | 0 aB | 96 aA     | 88 aB | 37 bC | 2 bD  |
| Luisa                      | 100<br>aA          | 100<br>aA | 47 bB | 0 aC | 100<br>aA | 98 aA | 94 aA | 45 aB |
| Regina 2000                | 100<br>aA          | 100<br>aA | 42 bB | 0 aC | 84 bB     | 93 aA | 42 bC | 7 bD  |
| Simpson                    | 100<br>aA          | 100<br>aA | 25 cB | 0 aC | 75 cA     | 66 cB | 29 cC | 1 bD  |
| Elisa                      | 100<br>aA          | 99 aA     | 30 cB | 0 aC | 84 bA     | 80 bA | 24 cB | 2 bC  |
| Vera                       | 100<br>aA          | 99 aA     | 66 aB | 0 aC | 86 bB     | 96 aA | 28 cC | 2 bD  |
| Verônica                   | 100<br>aA          | 100<br>aA | 37 bB | 0 aC | 99 aA     | 98 aA | 30 cB | 1 bC  |
| <b>CV (%)</b>              | <b>3,03</b>        |           |       |      |           |       |       |       |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para todas as cultivares, nas duas épocas de produção, a porcentagem de germinação foi igual ou maior que o padrão estabelecido para comercialização de sementes de alface (80%) na temperatura de germinação de 20°C. Apenas a cultivar Simpson, quando produzida no verão obteve 75% de germinação

(Tabela 4). Nas cultivares produzidas durante o período de inverno os testes de germinação sob temperaturas de 20 e 25°C não detectaram diferenças significativas. Os testes de primeira contagem e índice de velocidade de germinação a 25°C (Tabelas 5 e 6) mostraram-se mais sensíveis, detectando diferenças entre as cultivares não acusadas pelo teste de germinação. A cultivar Verônica apresentou melhor qualidade fisiológica para esses dois testes (Tabelas 5 e 6).

Pelos resultados do teste de primeira contagem, quando realizado sob temperatura de 20°C, para as sementes produzidas durante o período de inverno em cultivo protegido (Tabela 5) não foi observada diferença significativa entre as cultivares. Este teste, apesar de ser considerado importante por avaliar a velocidade de germinação das sementes, por ser pouco trabalhoso, e por não exigir equipamentos ou infra-estrutura específicos (Bhering et al., 2000), pode ter seus resultados afetados pelo fato de a temperatura de 20°C ser ideal para a germinação das sementes. Estudos conduzidos com outras espécies, tais como algodão (Torres, 1998) e pimentão (Torres & Minami, 2000), também indicaram baixa sensibilidade do teste de primeira contagem para estratificar lotes de sementes, principalmente, quando as diferenças de vigor são relativamente estreitas.

O teste de primeira contagem, geralmente tem sido utilizado como um teste de vigor, devido a sua simplicidade e por ser conduzido juntamente com o teste de germinação. Dentre as cultivares avaliadas a Vera apresentou uma alta porcentagem de germinação (30°C) no teste de primeira contagem (Tabela 5) além de um alto índice de velocidade de germinação sob temperatura de 30°C, quando produzida no inverno em cultivo protegido (Tabela 6). A velocidade de germinação pode ser utilizada para identificar lotes com emergência mais rápida em campo ou casa de vegetação, minimizando assim as condições adversas que ocorrem durante a germinação e estabelecimento de plantas (Nascimento &

Pereira, 2007). Já a cultivar Babá de Verão, sob temperatura de 25°C, independente da época de produção das sementes obteve os menores índices de velocidade de germinação.

TABELA 5 Primeira contagem (%) sob temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C de sementes de diferentes cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares/<br>Temperatura | Épocas de Produção |           |       |      |           |       |       |       |
|----------------------------|--------------------|-----------|-------|------|-----------|-------|-------|-------|
|                            | Inverno            |           |       |      | Verão     |       |       |       |
|                            | 20°C               | 25°C      | 30°C  | 35°C | 20°C      | 25°C  | 30°C  | 35°C  |
| <b>Lívia</b>               | 100<br>aA          | 83 bB     | 2 bC  | 0 aC | 60 dA     | 67 cA | 8 cB  | 4 bB  |
| <b>Babá de Verão</b>       | 100<br>aA          | 98 aA     | 1 bB  | 0 aB | 94 aA     | 87 bA | 12 cB | 1 bC  |
| <b>Luisa</b>               | 100<br>aA          | 81 bB     | 18 aC | 0 aD | 100<br>aA | 98 aA | 66 aB | 25 aC |
| <b>Regina 2000</b>         | 100<br>aA          | 75 bB     | 6 bC  | 0 aC | 52 dC     | 41 dB | 12 cC | 4 bC  |
| <b>Simpson</b>             | 100<br>aA          | 100<br>aA | 5 bB  | 0 aB | 73 cA     | 64 cA | 15 cB | 1 bC  |
| <b>Elisa</b>               | 100<br>aA          | 98 aA     | 6 bB  | 0 aB | 82 bA     | 78 bA | 8 cB  | 2 bB  |
| <b>Vera</b>                | 100<br>aA          | 99 aA     | 24 aB | 0 aC | 84 bB     | 95 aA | 24 bC | 1 bD  |
| <b>Verônica</b>            | 100<br>aA          | 100<br>aA | 25 aB | 0 aC | 98 aA     | 96 aA | 11 cB | 1 bC  |
| <b>CV (%)</b>              | 3,73               |           |       |      |           |       |       |       |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A cultivar Luisa mostrou-se mais vigorosa que as demais cultivares em quase todas as temperaturas de germinação utilizadas no teste de primeira contagem, excetuando a temperatura de 25°C, independentemente da época em que foram produzidas suas sementes (Tabela 5). Esse teste também foi capaz de diferenciar lotes em função do vigor de sementes de alface (Franzin et al., 2004;

Nascimento & Pereira, 2007), de cenoura (Spinola et al., 1998) e de pepino (Bhering et al., 2000).

TABELA 6 Índice de velocidade de germinação (IVG) sob temperaturas de 20, 25, 30 e 35°C de sementes de diferentes cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares/<br>Temperatura | Épocas de Produção |         |         |        |         |         |         |         |
|----------------------------|--------------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                            | Inverno            |         |         |        | Verão   |         |         |         |
|                            | 20°C               | 25°C    | 30°C    | 35°C   | 20°C    | 25°C    | 30°C    | 35°C    |
| Lívia                      | 96,75aA            | 90,94aA | 2,50cB  | 0aB    | 46,45dA | 36,93cA | 5,38bB  | 1,41bB  |
| Babá de Verão              | 92,50aA            | 33,35bB | 2,18cC  | 0aC    | 80,48bA | 37,43cB | 7,57bC  | 0,33bC  |
| Luisa                      | 99,25aA            | 94,83aA | 34,30bB | 0,25aC | 97,86aA | 75,98aB | 44,64aC | 17,28aD |
| Regina 2000                | 93,00aA            | 87,61aA | 7,58cB  | 0aB    | 44,92dA | 37,32cA | 10,44bB | 2,42bB  |
| Simpson                    | 95,00aA            | 95,00aA | 4,05cB  | 0,25aB | 65,84cA | 53,04bB | 8,55bC  | 0,25bC  |
| Elisa                      | 97,50aA            | 94,59aA | 3,95cB  | 0aB    | 64,50cA | 38,91cB | 2,44bC  | 3,30bC  |
| Vera                       | 99,50aA            | 95,50aA | 48,93aB | 0aC    | 81,42bA | 54,33bB | 17,16bC | 0,33bD  |
| Verônica                   | 99,25aA            | 98,88aA | 25,23bB | 0,25aC | 94,56aA | 84,72aA | 10,48bB | 0,16bB  |
| CV (%)                     | 2,30               |         |         |        |         |         |         |         |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

É evidente o decréscimo que ocorre no vigor (Tabelas 5 e 6) das sementes de alface à medida que a temperatura se eleva. Temperaturas de 35°C foram extremamente prejudiciais ao vigor de todas as cultivares produzidas no inverno. As sementes de alface produzidas no período do verão obtiveram um aumento na porcentagem de germinação sob condições de temperaturas elevadas quando comparadas com as de inverno. Talvez isso ocorra porque durante o desenvolvimento das sementes a temperatura pode afetar subsequentemente a germinação (Drew & Brocklehurst, 1990; Gray et al., 1988; Steiner & Opoku-Boateng, 1991). Nas tabelas (4, 5 e 6) observa-se um destaque devido as maiores porcentagens de germinação e vigor para a cultivar Luisa sob temperaturas de 30 e 35°C. Outros autores também afirmam que sementes de alface produzidas em regiões de clima quente germinam melhor em altas temperaturas, do que as produzidas em clima frio (Damania, 1986; Harrington & Thompson, 1952). Embora neste estudo, apesar de todas as cultivares terem sido produzidas em

condições de altas temperaturas, nem todas germinaram satisfatoriamente em condições de estresse (35°C), o que quer dizer que provavelmente exista variabilidade genética para esta característica.

Pelos resultados de emergência e de índice de velocidade de emergência, observa-se que para as sementes da maioria das cultivares o inverno foi a melhor época de produção de sementes de alface (Tabela 7). Os menores valores para emergência foram observados para as cultivares Lívia e Simpson quando produzidas no verão, e para cultivar Elisa quando a produção de sementes ocorreu no inverno.

TABELA 7 Emergência (%) e índice de velocidade de emergência (%) de sementes de diferentes cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares/<br>Épocas de<br>Produção | Testes     |       |                                       |         |
|--------------------------------------|------------|-------|---------------------------------------|---------|
|                                      | Emergência |       | Índice de Velocidade de<br>Emergência |         |
|                                      | Inverno    | Verão | Inverno                               | Verão   |
| <b>Lívia</b>                         | 84cA       | 66dB  | 34,50cA                               | 16,50dB |
| <b>Babá de Verão</b>                 | 97aA       | 82bB  | 36,25cA                               | 19,75cB |
| <b>Luisa</b>                         | 99aA       | 98aA  | 44,75aA                               | 31,75aB |
| <b>Regina 2000</b>                   | 89bA       | 71cB  | 30,00cA                               | 10,25eB |
| <b>Simpson</b>                       | 100aA      | 65dB  | 39,75bA                               | 17,00dB |
| <b>Elisa</b>                         | 53dB       | 70cA  | 19,25dB                               | 24,00bA |
| <b>Vera</b>                          | 99aA       | 70cB  | 43,25aA                               | 22,50bB |
| <b>Verônica</b>                      | 96aA       | 98aA  | 41,00bA                               | 30,00aB |
| <b>CV (%)</b>                        | 1,36       |       | 2,34                                  |         |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A cultivar Vera além de apresentar alta produção de sementes durante o cultivo de inverno 1370,31 Kg/ha (Tabela 2) também apresentou os maiores valores no envelhecimento acelerado, na emergência e no índice de velocidade de emergência (Tabela 7 e 8). Já as sementes da cultivar Simpson quando produzidas no período do verão, foram pouco vigorosas nos mesmos testes de

envelhecimento e emergência, apesar de ter obtido a maior produção de sementes no verão, 1012,50 Kg/ha.

Estudos realizados com alface (Franzin et al., 2004) e com outras hortaliças indicam que a emergência de plântulas pode ser usada na avaliação do potencial fisiológico de sementes, como feijão vigna (Bias et al., 1999), pimentão (Torres & Minami, 2000) e cenoura (Tessarioli Neto, 2001). O maior vigor, neste trabalho, foi observado para a cultivar Luisa nos testes de emergência (Tabela 7).

Pelo teste de envelhecimento acelerado (Tabela 8), observa-se que houve estratificação dos lotes de sementes em função do vigor. O estresse imposto às sementes foi suficiente para selecionar as cultivares Luisa e Elisa (produção de sementes no inverno) como aquelas de maior e menor vigor, respectivamente. Neste teste, assim como nos outros citados anteriormente, a melhor qualidade fisiológica das sementes foi observada quando produzidas no período do inverno. Sendo as cultivares Luisa, Babá de Verão, Simpson, Vera e Verônica que apresentaram as maiores porcentagens de germinação nos testes de envelhecimento acelerado com 48 e 72 horas. Pode-se observar também que no envelhecimento acelerado durante o período de 72 horas houve uma maior estratificação do vigor entre as cultivares.

A partir dos dados observados, pode-se notar que nem todos os testes são eficazes para a determinação da qualidade fisiológica das sementes de cultivares de alface. No entanto, através da combinação das informações da comparação de médias, verificou-se que os testes de germinação (30°C), primeira contagem (25 e 30°C), índice de velocidade de germinação (25 e 30°C), emergência, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado (72 horas) foram os que mostraram comportamento mais eficiente para a avaliação do potencial fisiológico das sementes alface, auxiliando, desta

forma, na escolha da melhor época e cultivar para a produção de sementes sob condição de cultivo protegido.

TABELA 8 Envelhecimento acelerado (%) durante 48 e 72 horas de sementes de diferentes cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares/<br>Épocas de<br>Produção | Testes             |       |                    |       |
|--------------------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|                                      | Envelhecimento 48h |       | Envelhecimento 72h |       |
|                                      | Inverno            | Verão | Inverno            | Verão |
| <b>Lívia</b>                         | 100aA              | 46fB  | 96bA               | 42dB  |
| <b>Babá de Verão</b>                 | 100aA              | 96bB  | 97aA               | 92aB  |
| <b>Luisa</b>                         | 100aA              | 98aB  | 98aA               | 87bB  |
| <b>Regina 2000</b>                   | 100aA              | 80dB  | 96bA               | 43dB  |
| <b>Simpson</b>                       | 100aA              | 68eB  | 98aA               | 67cB  |
| <b>Elisa</b>                         | 69bB               | 78dA  | 54cB               | 69cA  |
| <b>Vera</b>                          | 100aA              | 86cB  | 98aA               | 69cB  |
| <b>Verônica</b>                      | 100aA              | 99aA  | 98aA               | 92aB  |
| <b>CV (%)</b>                        | 0,80               |       | 0,80               |       |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

#### 4 CONCLUSÕES

Os maiores rendimentos na produção de sementes de alface, na região de Lavras, em cultivo protegido foram obtidos no inverno.

A maior produtividade e qualidade de sementes foram obtidas com a cultivar Vera no inverno em sistema de cultivo protegido. Entretanto, a produção de sementes da cultivar Luisa no período do verão favorece sua capacidade de germinação sob condições de temperaturas elevadas.

As cultivares Lívia e Simpson mostraram vigor mais baixo quando produzidas no verão e a Elisa quando a produção foi realizada no inverno, sob condições de cultivo protegido.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; GOMES, J. M.; BARROS, D. I. Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 171-175, jul. 2000.

BIAS, A. L. F.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; ZIMMER, G. J. Métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão vigna. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 651-660, jul. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro nacional de cultivares**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2008.

CRODA, M. D.; NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A.; MEDEIROS, K. A. Produção de sementes de alface nas condições do Distrito Federal e sua capacidade germinativa sob temperaturas elevadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48., 2008, Maringá. **Resumos...** Maringá: ABH. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2008.

DAMANIA, A. B. Inhibition of seed germination in lettuce at high temperature. **Seed Research**, New Delli, v. 14, p. 177-184, 1986.

DREW, R. L. K.; BROCKLEHURST, P. A. Effects of temperature of mother-plant environment on yield and germination of seeds of lettuce (*Lactuca sativa*). **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 1, p. 63-71, July 1990.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows<sup>®</sup> versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 235.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: UFRV, 2003. 412 p.

- FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; WEST, S. H.; MIRANDA, L. C. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stress during seed filling. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n.1, p. 107-116, Apr. 1993.
- FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C.; WRASSE, C. F. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 63-69, dez. 2004.
- GRAY, D.; WURR, D. C. E.; WARD, J. A.; FELLOWS, J. R. Influence of post flowering temperature on seed development, and subsequent performance of crisp lettuce. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 113, p. 391-402, 1988.
- HARRINGTON, J. F.; THOMPSON, R. C. Effect of variety and area of production on subsequent germination of lettuce seed at high temperature. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 59, p. 445-450, 1952.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, Jan./Feb. 1962.
- MALUF, W. R. Melhoria genética da alface (*Lactuca sativa* L.). In: MELHORAMENTO genético de hortaliças. Lavras: UFLA, 1994. 189 p. (Apostila).
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-21.
- MENEZES, N. L. de; SANTOS, O. S. dos; SCHMIDT, D. Produção de sementes de alface em cultivo hidropônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 705-706, jul. 2001.
- NAGAI, H. Obtenção de novas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistentes ao mosaico e ao calor: Brasil-303 e 311. **Revista de Olericultura**, Botucatu, v. 18, p. 14-21, 1980.

NASCIMENTO, W. M. **Germinação de sementes de alface**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 10 p. (Circular Técnica, 29).

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 175-179, 2007.

NERY, M. C.; NERY, F. C.; GOMES, L. A. A. **O mercado e a participação de sementes de hortaliças no Brasil**. 2007. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/sementes/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/sementes/index.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2008.

RYDER, E. J. Lettuce breeding. In: BASSET, M. (Ed.). **Breeding vegetable crops**. Westport: AVI, 1986. p. 433-474.

SPINOLA, M. C. M.; CALIARI, M. F.; MARTINS, L.; TESSAROLI NETO, J. Comparação entre métodos para avaliação do vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 301-395, jul. 1998.

STEINER, J. J.; OPOKU-BOATENG, K. Natural season-long and diurnal temperature effects on lettuce seed production and quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, n. 3, p. 396-400, 1991.

TESSARIOLI NETO, J. Qualidade fisiológica e tamanho de sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 201-204, jan. 2001.

TORRES, S. B. Comparação entre testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 249-253, jul. 1998.

TORRES, S. B.; MINAMI, K. Qualidade fisiológica das sementes de pimentão. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 109-112, jan. 2000.

VIGGIANO, J. Produção de sementes de alface. In: CASTELLANE, P. D. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. p. 1-15.

### **CAPÍTULO 3**

#### **EFEITO DO ETILENO E DA ENZIMA ENDO-B-MANANASE SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE PRODUZIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS**

## RESUMO

Sementes de alface germinam melhor sob temperaturas mais baixas, sendo a temperatura em torno de 20°C mais indicada. A temperatura onde as sementes de alface são produzidas pode afetar significativamente a performance das sementes durante a germinação. Considerando que a temperatura durante a época da produção de sementes de alface pode afetar a sua germinação, procurou-se investigar, no presente trabalho, a germinação sob condições de temperaturas elevadas e o envolvimento do etileno e da enzima endo- $\beta$ -mananase de sementes de oito cultivares de alface produzida no inverno e no verão. Sementes das oito cultivares de alface foram submetidas aos testes de germinação sob temperaturas de 20 e 35°C, sendo embebidas em soluções de água, ethrel e tiosulfato de prata. Foi realizada a medição da produção de etileno e atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase de duas cultivares uma termo-tolerante (Luisa) e outra termo-sensível (Verônica) embebidas em água sob temperaturas de incubação de 20 e 35°C. A temperatura de verão, durante a época da produção de sementes de alface, favoreceu a germinação das cultivares Luisa e Regina 2000 sob condições de altas temperaturas. O uso do ethrel em solução de embebição aumentou a porcentagem de germinação das sementes de alface sob temperatura elevada (35°C). A produção de etileno foi mais acentuada na cultivar Luisa assim como a atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase, independentemente da época de produção e da temperatura de germinação.

## ABSTRACT

Lettuce seeds germinate better in lower temperatures, I.e., around 20°C. The conditions, especially the temperature, where the seeds of lettuce are produced may significantly affect the performance during seed germination. Germination under conditions of high temperatures and the involvement of ethylene and endo- $\beta$ -mannanase in seeds of eight lettuce cultivars produced in the winter and summer were investigated in this study. Seeds of eight lettuce cultivars were soaked in solutions of water, ethrel and silver thiosulphate and submitted to germination at 20 and 35°C. Ethylene production and endo- $\beta$ -mannanase activity during seed incubation at 20 and 35°C were determined in a thermo-tolerant cultivar (Luisa) and in a thermo-sensitive cultivar (Veronica). The temperature during the summer season favored the germination of 'Regina 2000' and Luisa under conditions of high temperatures. The use of ethrel in the soaking solution increased lettuce seed germination at 35°C. The ethylene production and endo- $\beta$ -mannanase activity were higher in 'Luisa', regardless of season and temperature for germination.

## 1 INTRODUÇÃO

Sementes de alface germinam melhor sob temperaturas mais baixas, sendo a temperatura em torno de 20°C mais indicada (Nascimento & Cantliffe, 2002). Quando ocorrem condições de altas temperaturas, acima de 30°C, durante a embebição das sementes de alface, dois diferentes fenômenos podem ser observados: a termo-inibição, um processo reversível, uma vez que a germinação ocorre quando a temperatura reduz para um nível mais adequado e a termo-dormência, também chamada de dormência secundária, onde as sementes não germinarão após a redução da temperatura. Neste caso, entretanto, a germinação ocorrerá se as sementes forem tratadas com reguladores de crescimento ou forem submetidas ao condicionamento osmótico (Nascimento, 2003).

A temperatura máxima e crítica para a germinação das sementes de alface dependem do genótipo (Damania, 1986; Gray, 1975; Nascimento & Cantliffe, 2001; Thompson et al., 1979). Em geral, temperaturas acima de 30°C afetam a germinação das sementes, decrescendo a velocidade ou a porcentagem de germinação (Nascimento, 1998). Assim dependendo do local e da época de semeadura, a germinação das sementes pode ser reduzida ou nula, comprometendo a população de plantas da cultura no campo e, ou na casa de vegetação.

Reguladores de crescimento como as citocininas, etileno e giberelinas, quando aplicados separadamente (soluções de 10µM) ou em combinação, podem inibir a termodormência e estimular a germinação das sementes de alface em condições de altas temperaturas (Nascimento, 2002).

O etileno é um fitohormônio que atua como um potente regulador de crescimento, afetando vários processos do desenvolvimento das plantas, como crescimento, diferenciação e senescência (Kader, 1985; Smalle & Straeten,

1997). Esse fitohormônio pode ainda estimular a germinação e superar a dormência em várias espécies (Esashi, 1991). Apesar de o efeito do etileno ter sido reportado à mais de setenta anos, várias questões permanecem sem resposta, e embora seja aceito seu efeito na germinação de sementes em várias espécies, o seu mecanismo de ação ainda é pouco compreendido (Nascimento, 2000).

A produção de etileno pelas sementes começa imediatamente após o início da embebição de água e aumenta com o tempo (Nascimento, 2000). Em alface, o maior aumento na produção de etileno foi observado durante a emissão da radícula (Fu & Yang, 1983; Saini et al., 1986).

Acima de 30°C, com a provável inibição da germinação, o mecanismo de ação da germinação de sementes de alface em altas temperaturas se relaciona com o enfraquecimento do endosperma, o qual permite o crescimento do embrião. Esse enfraquecimento do endosperma tem sido associado com a indução da enzima endo- $\beta$ -mananase na região micropilar da semente (Nascimento & Cantliffe, 1999, 2000). Isso porque a parede celular do endosperma das sementes de alface é constituída, principalmente, de polissacarídeos, como galactomananos.

Uma maior atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase no endosperma, antes da emissão da radícula, foi observada em situações onde as sementes germinaram adequadamente, e esse aumento da atividade da enzima contribuiu para o enfraquecimento do endosperma, especialmente sob condições de altas temperaturas, facilitando a protusão do embrião e conseqüentemente levando a uma condição de germinação (Nascimento, 2003).

Evidências têm sugerido que o endosperma pode retardar ou impedir a germinação das sementes, atuando como uma barreira física à emissão da radícula, especialmente sob condições desfavoráveis, como altas temperaturas.

Em alguns casos, pode ocorrer germinação atípica, isto é, através dos cotilédones, e não da radícula (Nascimento, 2002).

Um fator crítico nos estudos com etileno é a resposta da germinação das sementes aos vários inibidores de etileno. Aminoetoxivinilglicina (AVG), um inibidor da síntese de etileno, teve pouca influência na germinação de sementes de alface. Nascimento (1998) mencionou que o AVG não inibiu a germinação das sementes de alface, devido à presença de níveis endógenos de ACC (1-aminociclopropano - 1 - ácido carboxílico) que foram convertidos em etileno em quantidades suficientes para a germinação ocorrer. Com a embebição de sementes de alface sob condições de altas temperaturas, inibidores de etileno como AVG ou tiosulfato de prata diminuíram a germinação e inibiram a produção de etileno.

A temperatura onde as sementes de alface são produzidas pode afetar significativamente a performance das sementes durante a germinação. Independentemente do genótipo, sementes produzidas sob altas temperaturas germinam melhor do que aquelas produzidas sob baixas temperaturas. Assim, a maturação das sementes em condições de altas temperaturas supera parcialmente o efeito inibitório de altas temperaturas durante a germinação (Nascimento, 2002).

Considerando que a temperatura durante a época da produção de sementes de alface pode afetar a sua germinação, procurou-se investigar no presente trabalho o envolvimento do etileno e da enzima endo- $\beta$ -mananase na germinação sob condições de temperaturas elevadas, de sementes de oito cultivares de alface produzida no inverno e no verão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### ESTUDO 1:

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com armação de madeira coberta com plástico aditivado anti-UV de 100 micras de espessura e 14 m de comprimento, 6 m de largura e 3,8 m de altura, na parte mais alta e, um pé direito de 2,5 m, no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras-UFLA / MG.

Os genótipos utilizados foram: Regina 2000, Lívia, Babá de Verão, Luisa, Elisa, Verônica, Vera e Simpson.

Foram realizados dois cultivos, um no inverno de 2007 e outro no verão de 2007/2008. As sementeiras ocorreram nos meses de março e outubro em bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 128 células, utilizando-se o substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>, e duas a três sementes por célula. Após a germinação, quando as plântulas apresentaram o estágio de primeira folha definitiva, procedeu-se o desbaste, deixando apenas uma planta em cada célula até o término da fase de produção de mudas. Posteriormente as plantas foram transplantadas para vasos (5 litros) com terra de subsolo, areia e esterco de codorna nas proporções de 50, 25 e 25% respectivamente, sendo anotadas diariamente as temperaturas máximas e mínimas, nas alturas de 0,15 e 2,00 m de altura dos vasos, durante todas as etapas que ocorreram em casa de vegetação, com sistema de fertirrigação por gotejamento. O espaçamento entre vasos foi de 0,80 x 0,40 m, sendo cada parcela composta de seis plantas conduzidas até o florescimento e a obtenção de sementes.

O ponto de colheita foi determinado aos 10 dias após 60 – 70% das flores abertas (Menezes et al., 2001). As sementes foram colhidas manualmente, sendo toda a inflorescência envolvida por um saco de papel, e cortadas e secadas por 72 horas em câmaras de circulação de ar à 30°C, para facilitar a debulha

durante o beneficiamento, posteriormente foram separadas e limpas em peneiras. O **grau de umidade** das sementes foi determinado pelo método de estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas (Brasil, 1992), com duas repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem. Em seguida as sementes foram novamente secas até atingirem a média de 6 % de umidade, em câmaras de circulação de ar a  $30^\circ\text{C}$ , no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras-UFLA/MG.

Para a realização do **teste de germinação** a semeadura foi realizada com quatro repetições de 50 sementes em caixas acrílicas do tipo *gerbox*, sob duas folhas de papel de germinação *germibox*, previamente umedecidos com água destilada, solução de ethrel (500ppm) ou solução de tiosulfato de prata (100mg/L), em quantidades equivalentes a 2,5 vezes a massa do papel. As sementes foram mantidas em 20 e  $35^\circ\text{C}$ . Foi determinada a porcentagem de germinação a partir da contagem final das sementes germinadas (emissão da radícula) após sete dias de incubação.

## **ESTUDO 2:**

Para realização deste estudo foram utilizadas duas cultivares que se apresentaram como termo-tolerante (Luisa) e termo-sensível (Verônica) no teste de germinação sob condições de temperatura elevada ( $35^\circ\text{C}$ ).

A **determinação de etileno** foi realizada com três repetições de 0,2g de sementes (aproximadamente 100 sementes) das cultivares Luisa e Verônica que foram colocadas para embeber sobre papel umedecido, sendo utilizadas duas folhas de papel de germinação *germibox*, com 5cm de diâmetro, previamente umedecidos com 2mL de água destilada. As sementes foram mantidas a 20, 25, 30 e  $35^\circ\text{C}$ , em frascos de 10mL selados com rolha de borracha. Após 10 horas de embebição (antes da emissão da radícula), o gás liberado pelas sementes no interior do recipiente foi coletado com auxílio de uma agulha de ponta dupla e

armazenado em tubos a vácuo do tipo Vacutainer<sup>®</sup>, para posterior leitura em cromatografia gasosa. Foi utilizado o cromatógrafo modelo Shimadzu – GC 2010, com detector de ionização de chamas (FID), nas seguintes condições: temperatura do injetor = 220°C; temperatura da coluna 60°C, temperatura do detector = 250°C. A coluna utilizada foi RT-QPLOT de 30 m e 0,32 mm de diâmetro, com temperatura máxima de 250°C. Por meio da concentração de etileno, do peso das sementes, do volume do espaço livre no recipiente e do tempo, foi calculada a produção de etileno em  $\mu\text{L kg}^{-1}$ .

Para a análise da **atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase**, foram utilizadas três repetições de 100 sementes das cultivares Luisa e Verônica, que foram colocadas em caixas acrílicas do tipo *gerbox*, sob duas folhas de papel de germinação *germibox*, previamente umedecidos com água destilada em quantidades equivalentes a 2,5 vezes o peso do papel. As sementes foram mantidas em 20, 25, 30 e 35°C durante um período de 10 horas (antes da emissão da radícula). A extração das enzimas foi efetuada utilizando uma solução tampão de McIlvaine (0,05 M - citrato; 0,1 M -  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , pH 5,0 + 0,5 M - NaCl). Posteriormente, 2 $\mu$  de cada amostra foi aplicado em gel de agarose (0,8%) utilizando o tampão de McIlvaine (pH 5,0). Em seguida o gel foi incubado durante 21 horas a 25°C e posteriormente efetuada 2 lavagens: a primeira utilizando o tampão McIlvaine por 30 minutos e a outra com etanol por 10 minutos. Finalmente, o gel foi corado numa solução de NaCl como descrito por (Silva, 2002). O cálculo da atividade das enzimas das amostras foi feito de acordo com Downie et al. (1994).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, sendo que para os testes de germinação os dados foram analisados em dois esquemas fatoriais: um para temperatura de incubação de 20°C com 8x2x3 (8 genótipos, 2 épocas de produção e 3 soluções de embebição) e outro para a temperatura de incubação de 35°C. Já para a determinação da produção de etileno, da germinação e da

atividade da endo- $\beta$ -mananase os dados foram analisados em esquema fatorial 2x2x4 (2 genótipos, 2 épocas de produção e 2 temperaturas de incubação). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade e transformados em raiz quadrada de  $Y + 0.5 - \text{SQRT} ( Y + 0.5 )$ . As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico SISVAR<sup>®</sup>, versão 4.0 (Ferreira, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados climáticos no interior da casa de vegetação, (Figura 4) no período de produção das sementes de alface, a temperatura máxima de inverno variou entre 20 e 45°C e a mínima entre 5 e 19°C, enquanto a máxima de verão variou entre 27 e 53°C e a mínima entre 13 e 30°C, aproximadamente.

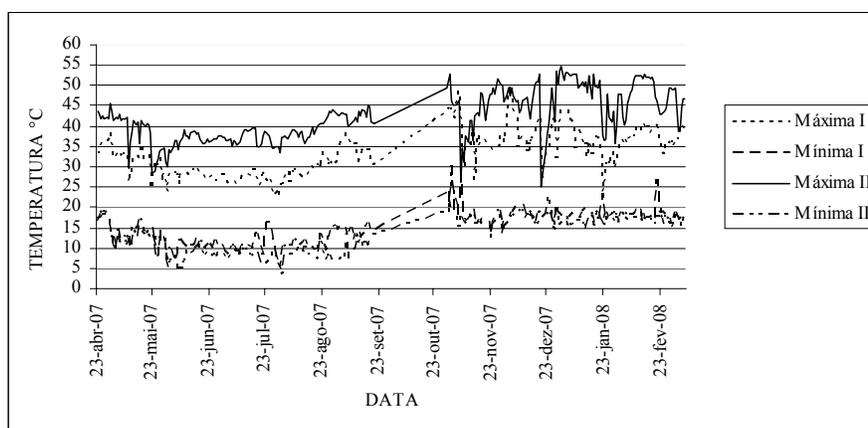


FIGURA 4 Média diária da temperatura máxima e mínima I (0,15m de altura do solo) e máxima e mínima II (2,0m de altura do solo), registrada no decorrer do período de produção de sementes de alface no inverno (2007) e no verão (2007/2008).

Durante a maturação das sementes de alface em cultivo protegido, as temperaturas durante o período do inverno variaram entre 45,2°C (máxima) e 7,2°C (mínima) (Figura 5) enquanto que no período do verão a variação foi de 52,9°C (máxima) e 14,9°C (mínima) (Figura 6). Sung et al. (2008) relata em seus estudos que temperaturas mais elevadas durante a maturação das sementes de alface favorece a termo-tolerância elevando as porcentagens de germinação de cultivares como a ‘Everglades’ de 50 para 98% sob temperatura de incubação de 36°C.

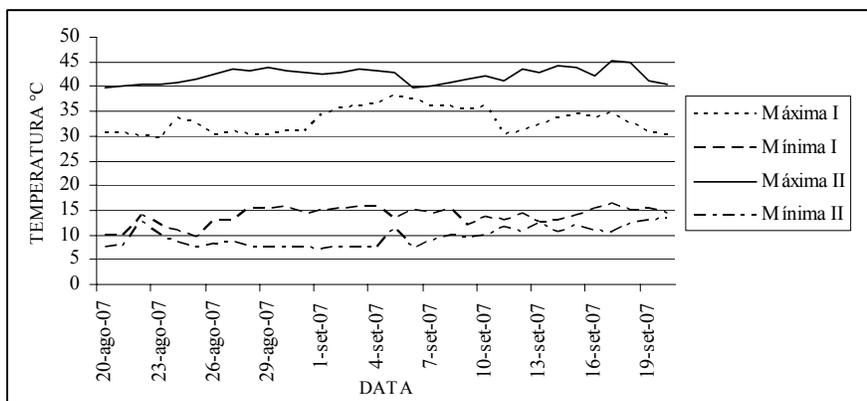


FIGURA 5 Média diária da temperatura máxima e mínima I (0,15m de altura do solo) e máxima e mínima II (2,0m de altura do solo), registrada durante o período de maturação das sementes (30 dias após abertura da primeira flor) das plantas de alface no inverno (2007).

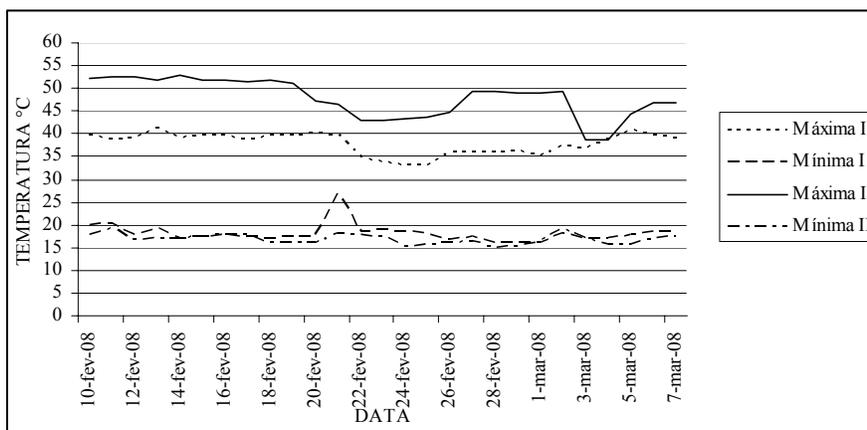


FIGURA 6 Média diária da temperatura máxima e mínima I (0,15m de altura do solo) e máxima e mínima II (2,0m de altura do solo), registrada durante o período de maturação das sementes (30 dias após abertura da primeira flor) das plantas de alface no verão (2007/2008).

O grau de umidade das sementes variou de 6,0% a 8,9% após serem colhidas, secas e beneficiadas. A umidade média foi de 8,2% e 6,7% para os cultivos de verão e inverno, respectivamente (Tabela 9).

TABELA 9 Grau de umidade (U) de sementes de cultivares de alface em duas épocas de produção.

| Cultivares    | Épocas de produção |         |
|---------------|--------------------|---------|
|               | Verão              | Inverno |
|               | U (%)              |         |
| Lívia         | 8,2                | 7,0     |
| Babá de Verão | 8,2                | 6,0     |
| Luisa         | 7,6                | 6,5     |
| Regina 2000   | 8,1                | 6,8     |
| Simpson       | 8,0                | 6,4     |
| Elisa         | 8,3                | 7,0     |
| Vera          | 8,5                | 7,3     |
| Verônica      | 8,9                | 6,5     |
| Média         | 8,2                | 6,7     |

Sementes de alface germinaram 100% sob temperatura de 20°C independentemente do tratamento utilizado para a embebição, quando produzidas no período de inverno em cultivo protegido na região de Lavras (Tabela 10). Já para as sementes produzidas durante o período de verão, as cultivares, Lívia e Simpson tiveram um decréscimo na germinação, sendo observados valores de germinação de 70 e 76% quando embebidas em água e 69 e 77% quando embebidas em solução de ethrel, respectivamente. Com a utilização da solução de tiosulfato em sementes produzidas no verão além das cultivares Lívia e Simpson também a cultivar Vera reduziu sua germinação para 72%. Pelos resultados pode-se observar que as sementes produzidas no inverno, com temperaturas mais amenas e menores umidades relativas típicas deste período, podem ter favorecido a qualidade fisiológica das sementes incubadas sob temperatura de 20°C.

TABELA 10 Germinação (%) sob temperatura de 20°C de sementes de diferentes cultivares de alface produzidas no inverno e no verão, embebidas com água destilada, solução de ethrel (500ppm) e solução de tiosulfato de prata (100mg/L).

| Cultivares/<br>Épocas de<br>produção | Tratamentos |        |         |       |            |       |
|--------------------------------------|-------------|--------|---------|-------|------------|-------|
|                                      | Água        |        | Ethrel  |       | Tiosulfato |       |
|                                      | Inverno     | Verão  | Inverno | Verão | Inverno    | Verão |
| <b>Lívia</b>                         | 100 aA      | 70 bB  | 100 aA  | 69 bB | 100 aA     | 61 bB |
| <b>Babá de Verão</b>                 | 100 aA      | 98 aA  | 100 aA  | 98 aA | 100 aA     | 85 aA |
| <b>Luisa</b>                         | 100 aA      | 100 aA | 100 aA  | 99 aA | 100 aA     | 99 aA |
| <b>Regina 2000</b>                   | 100 aA      | 97 aA  | 100 aA  | 94 aA | 100 aA     | 83 aA |
| <b>Simpson</b>                       | 100 aA      | 76 bB  | 100 aA  | 77 bB | 100 aA     | 78 bB |
| <b>Elisa</b>                         | 100 aA      | 83 aA  | 100 aA  | 87 aA | 100 aA     | 88 aA |
| <b>Vera</b>                          | 100 aA      | 85 aA  | 100 aA  | 91 aA | 100 aA     | 72 bB |
| <b>Verônica</b>                      | 100 aA      | 100 aA | 100 aA  | 99 aA | 100 aA     | 98 aA |
| <b>CV (%)</b>                        | 0,47        |        |         |       |            |       |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em condições de altas temperaturas, a 35°C, a cultivar Luisa obteve valores elevados de germinação, sendo de 74% a germinação das sementes embebidas em água, produzidas no período do verão em cultivo protegido (Tabela 11). É interessante observar que a cultivar Regina 2000 obteve uma maior porcentagem de germinação (42%), nessa mesma embebição, para as sementes produzidas no período de verão, com isso é possível notar que essa época de produção de sementes promove uma melhor germinação sob condições de temperaturas elevadas do que aquelas produzidas sob baixas temperaturas. Assim, corroborando com Nascimento (2002) e Sung et al. (2008), é coerente afirmar que a maturação das sementes em condições de altas temperaturas supera parcialmente o efeito inibitório de altas temperaturas durante a germinação.

Nascimento & Cantliffe (2001) afirmam que a maior germinação em altas temperaturas foi observada em genótipos termo-tolerantes. No presente estudo, apenas as cultivares Luisa e Regina 2000 foram mais favorecidas pela produção de sementes no verão em cultivo protegido, apresentando porcentagens

de germinação de 74 e 42%, respectivamente, (Tabela 11) quando embebidas em água. O que evidencia a influência de características genéticas para a obtenção de maiores valores de germinação sob condições de altas temperaturas de embebição.

A utilização do tiosulfato de prata em solução não inibiu a germinação das sementes sob temperatura de 20°C, quando estas foram produzidas durante o período de inverno e no verão também não foram muito expressivas (Tabelas 10). No entanto, esse tratamento promoveu a redução da germinação das cultivares sob temperatura de 35°C independentemente da época em que as sementes foram produzidas (Tabela 11). Como essa redução foi expressiva na cultivar Luisa que germinou 65% (inverno) e 74% (verão) quando embebida em água e 29% (inverno) e 25% (verão) quando embebida em solução de tiosulfato, pode-se afirmar que o tiosulfato inibiu a ação do etileno impedindo a germinação a 35°C. Em estudos realizados por Nascimento et al. (1999b) e Nascimento & Cantliffe (1999) o tiosulfato de prata, inibiu a ação do etileno e da enzima endo- $\beta$ -mananase, enquanto que o precursor de etileno, 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), induziu a atividade da enzima e permitiu a germinação das sementes do genótipo termo-sensitivo 'Dark Green Boston' sob condições de temperaturas elevadas.

A aplicação de reguladores de crescimento, como etileno, tem resultado em aumento significativo da germinação de sementes, sob altas temperaturas, em laboratório (Nascimento & Cantliffe, 2002). Assim, a aplicação de precursores de etileno ou produtos à base de etileno tem permitido a germinação de sementes de alface em altas temperaturas (Fu & Yang, 1983; Khan & Prusinski, 1989; Nascimento et al., 1999b; 1999a; Nascimento, 2000, 2002; Saini et al., 1986).

TABELA 11 Germinação (%) sob temperatura de 35°C de sementes de diferentes cultivares de alface produzidas no inverno e no verão, embebidas com água destilada, solução de ethrel (500ppm) e solução de tiosulfato de prata (100mg/L).

| Cultivares/<br>Épocas de<br>produção | Tratamentos |       |         |        |            |       |
|--------------------------------------|-------------|-------|---------|--------|------------|-------|
|                                      | Água        |       | Ethrel  |        | Tiosulfato |       |
|                                      | Inverno     | Verão | Inverno | Verão  | Inverno    | Verão |
| <b>Lívia</b>                         | 7 bA        | 11 bA | 41 bB   | 87 aA  | 5 bA       | 6 bA  |
| <b>Babá de Verão</b>                 | 1 bA        | 3 bA  | 98 aA   | 97 aA  | 4 bA       | 1 bA  |
| <b>Luisa</b>                         | 65 aA       | 74 aA | 100 aA  | 100 aA | 29 aA      | 25 aA |
| <b>Regina 2000</b>                   | 3 bB        | 42 aA | 100 aA  | 96 aA  | 6 bA       | 15 aA |
| <b>Simpson</b>                       | 0 bA        | 2 bA  | 84 aA   | 84 aA  | 0 bA       | 2 bA  |
| <b>Elisa</b>                         | 5 bA        | 6 bA  | 55 bB   | 82 aA  | 3 bA       | 2 bA  |
| <b>Vera</b>                          | 1 bA        | 1 bA  | 43 bB   | 84 aA  | 0 bA       | 2 bA  |
| <b>Verônica</b>                      | 1 bA        | 1 bA  | 21 cB   | 100 aA | 0 bA       | 0 bA  |
| <b>CV (%)</b>                        | 5,24        |       |         |        |            |       |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Todas as cultivares tiveram uma maior porcentagem de germinação quando incubadas sob temperatura de 35°C e embebidas em solução de ethrel (Tabela 11). Entretanto, as cultivares Luisa, Regina e Babá de Verão obtiveram um acréscimo expressivo de germinação com valores próximos de 100%, em qualquer época de produção.

A embebição das sementes de alface sob temperatura de 35°C, com solução de ethrel (500 ppm) elevou a porcentagem de germinação de todas as cultivares produzidas no verão em cultivo protegido, para valores acima de 82% (Tabela 11). Sementes da cultivar Simpson incubadas sob a temperatura de 20°C, em relação ao uso do ethrel, sob as concentrações de 350 e 500 ppm não apresentaram diferenças significativas, no entanto, com a elevação da temperatura para 35°C o aumento na porcentagem de germinação foi diretamente proporcional ao aumento das concentrações do ethrel (Bueno et al., 2008). No presente trabalho independentemente da época de produção de sementes, também houve um aumento da porcentagem de germinação da

cultivar Simpson, sendo elevada sua germinação para 84% quando as sementes foram embebidas em solução de ethrel sob condições de temperatura elevada.

As cultivares Luisa e Verônica sob temperatura de 20°C germinaram 100%. Entretanto, sob temperatura de 35°C a cultivar Verônica apresentou-se como termo-sensível germinando apenas 1% em relação à 'Luisa' cultivar termo-tolerante que germinou acima de 65% (Tabela 12). A produção de etileno nas sementes de alface da cultivar Luisa foi superior a cultivar Verônica nas duas épocas de produção de sementes (Tabela 12). Os maiores valores nas duas cultivares foram observados na temperatura de 35°C, com exceção da cultivar Verônica, que quando produzida no período do verão não apresentou diferença significativa entre as diferentes temperaturas de incubação.

TABELA 12 Germinação (%), produção de etileno ( $\mu\text{L.Kg}^{-1}$ ) e atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase ( $\log \text{pkat}/2\mu\text{L}$ ) em sementes de alface cv. Luisa e Verônica incubadas sob temperaturas de 20 e 35°C em duas épocas de produção.

| Época   | Cultivares/<br>Temperatura | Germinação |          | Produção Etileno |          | Atividade da Enzima |          |
|---------|----------------------------|------------|----------|------------------|----------|---------------------|----------|
|         |                            | Luisa      | Verônica | Luisa            | Verônica | Luisa               | Verônica |
| Inverno | 20 °C                      | 100aA      | 100aA    | 0,638bA          | 0,520bB  | 113,37bA            | 96,35bB  |
|         | 35°C                       | 65bA       | 1bB      | 0,816aA          | 0,637aB  | 129,40aA            | 106,73aB |
| Verão   | 20 °C                      | 100aA      | 100aA    | 0,672bA          | 0,641aB  | 119,72bA            | 105,74bB |
|         | 35°C                       | 74bA       | 1bB      | 1,131aA          | 0,637aB  | 155,75aA            | 124,50aB |
| CV (%)  |                            | 1,60       |          | 1,59             |          | 2,45                |          |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Altas temperaturas (35 a 40°C) inibem a produção de etileno em vários tecidos vegetais (Yu et al., 1980). Temperaturas altas podem diminuir tanto os níveis de ACC (1-aminociclopropano - 1 - ácido carboxílico) no tecido quanto sua conversão em etileno. Efeitos sobre os níveis de ACC foram observados a altas temperaturas em sementes de grão-de-bico (Galhardo et al., 1991) e alface (Huang & Khan, 1992). Neste último caso, aparentemente, a síntese de ACC foi afetada, enquanto no grão-de-bico houve indicação de que o ACC foi conjugado

e, assim, tornou-se indisponível para a síntese de etileno. Entretanto, neste estudo, observaram-se maiores produções de etileno em temperaturas elevadas (35°C).

A atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase foi menor sob a temperatura de 20°C para as duas cultivares, sendo que a cultivar Luisa apresentou maior atividade enzimática em relação à 'Verônica' nas duas épocas de produção (Tabela). Esses resultados confirmam a relação positiva que existe entre a germinação de sementes em altas temperaturas, produção de etileno e o aumento da atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase antes da emissão da radícula. Nascimento & Cantliffe (2002), também concluíram que o aumento da atividade enzimática e da produção de etileno pode ocasionar a superação do efeito inibitório de altas temperaturas através do enfraquecimento do endosperma e consequentemente estimular a germinação das sementes.

#### 4 CONCLUSÕES

A produção de sementes de alface em cultivo protegido durante o verão favoreceu a germinação das cultivares Luisa e Regina 2000 sob condições de altas temperaturas.

O uso do ethrel em solução de embebição aumentou a porcentagem de germinação das sementes de alface sob temperatura elevada (35°C).

A produção de etileno foi mais acentuada na cultivar Luisa assim como a atividade da enzima endo- $\beta$ -mananase, independentemente da época de produção e da temperatura de germinação.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 1992. 365 p.

BUENO, A. C. R.; VILELA, R. P.; GUIMARÃES, R. M.; SOUZA, R. J. de; CARVALHO, B. O.; COSTA, R. R. Efeito do ethrel e ácido-giberélico na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar Simpson. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48., 2008, Maringá. **Resumos...** Maringá: ABH, 2008. 1 CD –ROM.

DAMANIA, A. B. Inhibition of seed germination in lettuce at high temperature. **Seed Research**, New Delli, v. 14, p. 177-184, 1986.

DOWNIE, B.; HILHORST, W. M.; BEWLEY, J. D. A new assay for quantifying endo- $\beta$ -mannanase activity using congo red dye. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 36, n. 4, p. 829-835, July 1994.

ESASHI, Y. Ethylene and seed germination. In: MATTOO, A. K.; SUTTLE, J. C. **The plant hormone ethylene**. Boca Raton: CRC, 1991. p. 133-157.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows<sup>®</sup> versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 235.

FU, J. R.; YANG, S. F. Release of heat pretreatment-induced dormancy in lettuce seeds by ethylene or cytokinin in relation to the production of ethylene and the synthesis of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid during germination. **Plant Growth Regulator**, New York, v. 2, n. 1, p. 185-192, Feb. 1983.

GALLARDO, M.; DELGADO, M. del M.; SANCHEZ-CALLE, I. M.; MATILLA, A. J. Ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid conjugation in thermoinhibited *Cicer arietinum* L. seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 97, n. 1, p. 122-127, Sept. 1991.

GRAY, D. Effects of temperature on the germination and emergence of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties. **HortScience**, Alexandria, v. 50, p. 349-361, 1975.

HUANG, X. L.; KHAN, A. A. Alleviation of thermoinhibition in preconditioned lettuce seeds involves ethylene, not polyamine biosynthesis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, p. 841-845, Sept. 1992.

KADER, A. A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v. 20, n. 1, p. 54-57, Feb. 1985.

KHAN, A. A.; HUANG, K. L. Synergistic enhancement of ethylene production and germination with kinetin and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in lettuce seeds exposed to salinity stress. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 87, n. 4, p. 847-852, Aug. 1988.

KHAN, A. A.; PRUSINSKI, J. Kinetin enhanced 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid utilization during alleviation of high temperature stress in lettuce seeds. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 91, n. 2, p. 733-737, 1989.

MENEZES, N. L. de; SANTOS, O. S. dos; SCHMIDT, D. Produção de sementes de alface em cultivo hidropônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 705-706, jul. 2001.

NASCIMENTO, W. M. Envolvimento do etileno na germinação de sementes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 12, p. 163-174, 2000.

NASCIMENTO, W. M. **Germinação de sementes de alface**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 10 p. (Circular Técnica, 29).

NASCIMENTO, W. M. **Involvement of ethylene and endo-beta-mannanase in lettuce seed germination at high temperature**. 1998. 138 p. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Florida, Gainesville.

NASCIMENTO, W. M. Mecanismo de germinação de sementes de alface em altas temperaturas: envolvimento da enzima endo- $\beta$ -mananase. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.13, n. 1-2, p. 51-54, ago. 2003.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Circumventing thermodormancy in lettuce. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 504, p. 147-152, 1999.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Composição química do endosperma, atividade enzimática e sua associação com a germinação das sementes de alface em altas temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 121-126, jul. 2001.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Germinação de sementes de alface sob altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 103-106, mar. 2002.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. Produção de etileno, atividade de endo- $\beta$ -mananase e germinação de sementes de alface em resposta a luz e temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 1-5, jul. 2000.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J.; HUBER, D. J. Endo- $\beta$ -mannanase activity during lettuce seed germination at high temperature in response to ethylene. In: KANELLIS, A. K.; CHANG, C.; KLEE, H.; BLEECKER, A. B.; PECH, J. C.; GRIERSON, D. (Ed.). **Biology and biotechnology of the plant hormone ethylene II**. Dordrecht: Kluwer, 1999b. p. 191-192.

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J.; HUBER, D. J. Lettuce seed germination and endo- $\beta$ -mannanase activity at high temperature is stimulated by ethylene. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 513, June 1999a.

SAINI, H. S.; CONSOLACION, E. D.; BASSI, P. K.; SPENCER, M. S. Requirement for ethylene synthesis and action during relief of thermoinhibition of lettuce seed germination by combinations of gibberellic acid, kinetin, and carbon dioxide. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 81, n. 4, p. 950-953, Aug. 1986.

SILVA, E. A. A. da. **Coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seed germination: mechanism and regulation**. 2002. 105 p. Thesis (Doctor of Philosophy) - University at Wageningen, Wageningen.

SMALLE, J.; STRAETEN, D. van der. Ethylene and vegetative development. **Physiologia Plantarum**, Edinburgh, v. 100, p. 593-605, 1997.

SUNG, Y.; CANTLIFFE, D. J.; NAGATA, R. T.; NASCIMENTO, W. M. Structural changes in lettuce seed during germination at high temperature altered by genotype, seed maturation temperature, and seed priming. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 133 n. 2, p. 300-311, Mar. 2008.

THOMPSON, P. A.; COX, S. A.; SANDERSON, R. H. Characterization of the germination responses to temperature of lettuce (*Lactuca sativa* L.) achenes. **Annals of Botany**, London, v. 43, p. 319-334, 1979.

YU, Y. B.; ADAMS, D. O.; YANG, S. F. Inhibition of ethylene production by 2, 4 dinitrophenol and high temperature. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 66, n. 2, p. 286-290, Aug. 1980.

## **ANEXOS**

TABELA 1A Resumo da análise de variância para abertura da primeira flor (antese), pendoamento, peso médio da produção de sementes, peso de mil sementes de cultivares de alface em duas épocas de produção. UFLA, Lavras, MG, 2009.

| FV             | GL | QM        |             |                   |                   |
|----------------|----|-----------|-------------|-------------------|-------------------|
|                |    | Antese    | Pendoamento | Produção sementes | Peso mil sementes |
| Cultivar       | 7  | 346,77*   | 291,93*     | 12285,51*         | 0,11*             |
| Época          | 1  | 23986,27* | 14101,56*   | 65843,56*         | 1,03*             |
| Cultivar*Época | 7  | 201,84*   | 59,67*      | 5913,81*          | 0,05              |
| Erro           | 48 | 4,58      | 3,44        | 7,87              | 0,03              |
| CV (%)         |    | 1,84      | 2,06        | 1,84              | 17,4              |

TABELA 2A Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (PG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) de cultivares de alface sob diferentes temperaturas de incubação em duas épocas de produção de sementes. UFLA, Lavras, MG, 2009.

| FV                         | GL  | QM      |          |         |
|----------------------------|-----|---------|----------|---------|
|                            |     | PG      | PCG      | IVG     |
| Cultivar                   | 7   | 15,64*  | 13,83*   | 22,03*  |
| Época                      | 1   | 1,50*   | 0,37*    | 30,26*  |
| Temperatura                | 3   | 980,31* | 1071,42* | 924,53* |
| Cultivar*época             | 7   | 7,58*   | 7,01*    | 5,13*   |
| Cultivar*temperatura       | 21  | 5,69*   | 4,34*    | 5,59*   |
| Época*temperatura          | 3   | 17,09*  | 22,26*   | 26,80*  |
| Cultivar*época*temperatura | 21  | 3,16*   | 2,08*    | 2,76*   |
| Erro                       | 195 | 0,30    | 0,39     | 0,43    |
| CV (%)                     |     | 3,03    | 3,73     | 2,30    |

TABELA 3A Resumo da análise de variância para emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), envelhecimento acelerado por 48 horas (EA48), envelhecimento acelerado por 72 horas (EA72) de sementes de diferentes cultivares de alface em duas épocas de produção. UFLA, Lavras, MG, 2009.

| FV             | GL | QM    |        |        |        |
|----------------|----|-------|--------|--------|--------|
|                |    | E     | IVE    | EA48   | EA72   |
| Cultivar       | 7  | 3,66* | 2,74*  | 3,09*  | 4,80*  |
| Época          | 1  | 6,81* | 32,42* | 10,99* | 25,52* |
| Cultivar*época | 7  | 1,88* | 1,81*  | 2,92*  | 4,51*  |
| Erro           | 48 | 0,02  | 0,02   | 0,01   | 0,01   |
| CV (%)         |    | 1,36  | 2,34   | 0,80   | 0,80   |

TABELA 4A Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação a 20°C (PG - 20) e a 35°C (PG – 35) de sementes de cultivares de alface produzidas no inverno e no verão, embebidas em diferentes tratamentos. UFLA, Lavras, MG, 2009.

| FV                         | GL  | QM      |         |
|----------------------------|-----|---------|---------|
|                            |     | PG – 20 | PG – 35 |
| Cultivar                   | 7   | 2,31*   | 61,87*  |
| Época                      | 1   | 24,30*  | 44,77*  |
| Temperatura                | 2   | 0,59*   | 817,28* |
| Cultivar*época             | 7   | 2,31*   | 3,45*   |
| Cultivar*temperatura       | 14  | 0,13*   | 8,16*   |
| Época*temperatura          | 2   | 0,56*   | 12,14*  |
| Cultivar*época*temperatura | 14  | 0,13*   | 5,17*   |
| Erro                       | 144 | 0,00    | 0,06    |
| CV (%)                     |     | 0,47    | 5,24    |

TABELA 5A Resumo da análise de variância para germinação (PG), produção de etileno (PE) e atividade da enzima endo-β-mananase (ENDO - β) em sementes de alface cv. Luisa e Verônica incubadas sob temperaturas de 20 e 35°C em duas épocas de produção. UFLA, Lavras, MG, 2009.

| FV                         | GL | QM        |       |           |
|----------------------------|----|-----------|-------|-----------|
|                            |    | PG        | PE    | ENDO - β  |
| Cultivar                   | 1  | 7141,50*  | 0,25* | 2704,11** |
| Época                      | 1  | 16,67*    | 0,08* | 1343,62*  |
| Temperatura                | 1  | 24961,50* | 0,21* | 2471,77*  |
| Cultivar*época             | 1  | 32,67*    | 0,02* | 11,53     |
| Cultivar*temperatura       | 1  | 7141,50*  | 0,10* | 196,87*   |
| Época*temperatura          | 1  | 32,67*    | 0,01* | 302,26*   |
| Cultivar*época*temperatura | 1  | 32,67*    | 0,06* | 50,52*    |
| Erro                       | 16 | 1,17      | 0,00  | 8,49      |
| CV (%)                     |    | 1,60      | 1,59  | 2,45      |