Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

ISSN 1415-3033

Circular Técnica 29

Germinação de Sementes de Alface

Brasília, DF
Dezembro, 2002

Autor

Warley Marcos Nascimento
Engº. Agrônomo,
Ph.D., Fisiologia
de sementes
Embrapa Hortaliças

Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma importante folhosa consumida em várias partes do mundo. O consumidor brasileiro exige este produto em sua mesa praticamente todos os dias, na forma de saladas ou na composição de refeições do tipo *fast food*. Assim, para atender a essa demanda, o cultivo desta hortaliça no Brasil é realizado durante o ano todo, uma vez que o produto não tolera períodos prolongados de armazenamento. A alface é 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 das plântulas, o produtor nem sempre tem total controle destas condições. O estabelecimento da cultura de alface pode ser feita por meio de semeadura direta no campo (Figura 1) ou por transplantio, após a produção de mudas (Figura 2). Nos dois casos, as condições edafo-climáticas poderão influenciar no estabelecimento da lavoura e, consequentemente, na produtividade e lucro do produtor.

Esta circular técnica teve por objetivo revisar os aspectos relacionados com a germinação de sementes de alface, e considerar alguns aspectos práticos para a obtenção da máxima germinação e consequentemente uma melhor performance no estabelecimento da cultura.

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 1. Cultura do alface estabelecida por meio de semeadura direta.

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 2. Produção de mudas de alface em casa de vegetação para posterior transplante.

A semente de alface

Um desenho esquemático da composição dos tecidos da semente (aquênio) de alface encontra-se na Figura 3. O embrião na semente é envolvido pelos seguintes tecidos: endosperma, integumento e pericarpo. O endosperma é um tecido vivo, compreendendo aproximadamente 8% do peso seco das sementes, e fica aderido à epiderme interna do integumento. A maior parte do endosperma é constituído por uma camada de duas células, exceto na região da micrópila, onde apresenta três ou mais camadas de células. A parede celular do endosperma é espessa e apresenta várias protuberâncias.
Os principais componentes da parede celular são os polissacarídeos. O endosperma é a fonte inicial de reservas para o crescimento do embrião, e suas células contém todo o aparato para a síntese de enzimas.

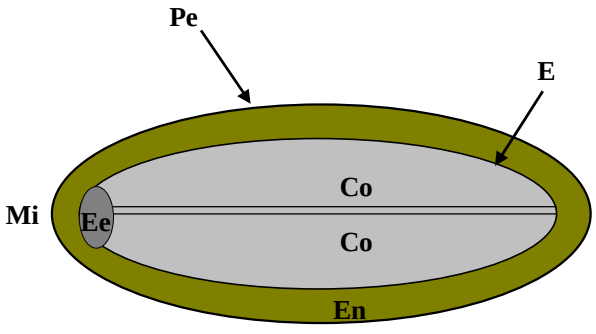

Fig. 3. Modelo esquemático da composição dos tecidos da semente (aquênio) de alface:
Pe (pericarpo); En (endosperma); Mi (região da micrópila);
E (Embrião) = Co (cotilédone) + Ee (eixo embrionário).

O integumento é composto das epidermes externas remanescentes e de algumas células parenquimatosas, formando uma camada morta entre uma membrana interna semipermeável e uma epiderme externa grossa.

O pericarpo é a superfície externa da semente, constituído de um tecido morto, rígido, com células lignificadas. Sua coloração externa pode ser branca, marrom ou preta, dependendo do genótipo.

Os cotilédones, que contém o eixo embrionário, são o principal tecido de reserva (60%-70% do peso seco). São constituídos por lipídeos (cerca de 27% do peso seco), proteínas (2,7% do peso seco), e uma pequena quantidade de fitato, açúcares solúveis e amido. Durante a germinação, as reservas dos cotilédones só são mobilizadas após a degradação da reserva endospermática.

Germinação das sementes

Em fisiologia de sementes, a germinação é definida como a protrusão da radícula através do pericarpo. Os maiores eventos que ocorrem na pré e pós germinação são: absorção de água, ativação enzimática, degradação dos tecidos de reservas, iniciação do crescimento do embrião, ruptura do pericarpo e estabelecimento das plântulas. Em alface, o processo de germinação ocorre na extremidade do eixo embrionário, próximo à região da micrópila (Figura 4).
A fisiologia da germinação das sementes desta espécie é bastante complexa e tem sido alvo de estudos por várias décadas. A germinação é dependente de vários fatores, como temperatura, água, oxigênio, luz, ausência de

microrganismos (Figuras 5a e 5b), tipo de solo e profundidade de semeadura, dentre outros.
A qualidade fisiológica das sementes é o primeiro aspecto a ser considerado para a obtenção de uma boa germinação.

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 4. Protrusão da radícula na germinação de sementes de alface sob condições de laboratório.

Foto: Warley M. Nascimento

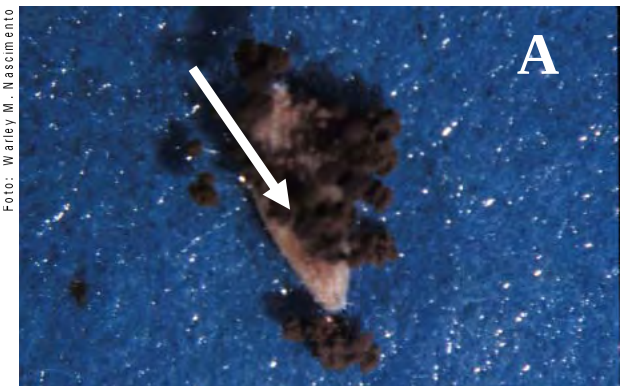

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 5. Ocorrência dos fungos *Aspergillum* sp. (A) e *Penicillum* sp. (B) em sementes de alface durante condições inadequadas de armazenamento.

Qualidade fisiológica das sementes

A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica é o pré-requisito para se alcançar um ótimo estabelecimento de plântulas e, consequentemente para se obter alta produtividade. Sementes de alta qualidade fisiológica são aquelas que apresentam alta viabilidade e vigor.

A viabilidade das sementes é definida como sendo a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, com indicativo de aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis (Figura 6). As Regras para Análise de Sementes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomendam que as sementes de alface devem ser germinadas "sobre papel" (SP), "entre papel" (EP) ou "sobre areia" (SA). A temperatura de incubação deve ser constante de 20 ºC ou 15 ºC. A primeira contagem deve ser feita aos 4 dias e a contagem final aos 7 dias após a instalação do teste. Em caso de dormência[1],

Foto: Warley M. Nascimento

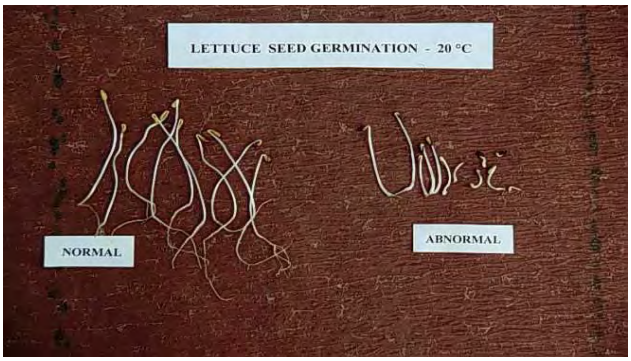

Fig. 6. Plântulas normais (esquerda) e anormais (direita) de alface durante o teste de germinação sob condições de laboratório a 20 °C. A porcentagem de germinação refere-se apenas às plântulas normais.

[1] Dormência de sementes é definida como a inabilidade de a semente germinar quando submetida a condições favoráveis de germinação (temperatura, água, oxigênio e luz). Assim, a germinação acontecerá se forem aplicados sinais ambientais ou fatores específicos que superem a dormência. Essa superação se faz de maneiras distintas e depende da espécie.

deve-se fazer pré-resfriamento a 5°C -10 °C por 3 dias. O uso de luz adicional por 8 a 16 h durante o teste pode ser benéfico.

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, e 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 as sementes geralmente são analisadas em laboratório, ou seja, sob condições ótimas de germinação. Fatores adversos no campo poderão afetar a germinação, reduzindo a emergência.

O vigor das sementes é definido como sendo as propriedades das sementes que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme, e proporcionando um desenvolvimento de plântulas normais sob diferentes condições de campo. Após a maturação fisiológica das sementes, a perda progressiva do vigor é inevitável, sendo esta perda determinada pela composição genética das sementes e pelas condições ambientais. O vigor das sementes é perdido progressivamente, enquanto que a perda da germinação ou seja, a morte das sementes, é a última conseqüência da deterioração. Isso torna-se evidente pelas características de baixo potencial de armazenamento, velocidade de germinação demorada e desuniforme, reduzida emergência de plântulas no campo e aumento de plântulas anormais. A germinação de sementes de alface poderá ser comprometida, mesmo que as condições necessárias para tal fim sejam ótimas, caso sementes de baixo vigor sejam utilizadas (Figura 7).

Além disso, o alto vigor de sementes é necessário para uma maior tolerância a condições adversas, como altas temperaturas. Pelo fato de, em geral o produtor não controlar alguns fatores durante a germinação, a utilização de lotes de sementes com alto vigor é recomendável.

Foto: Warley M. Nascimento

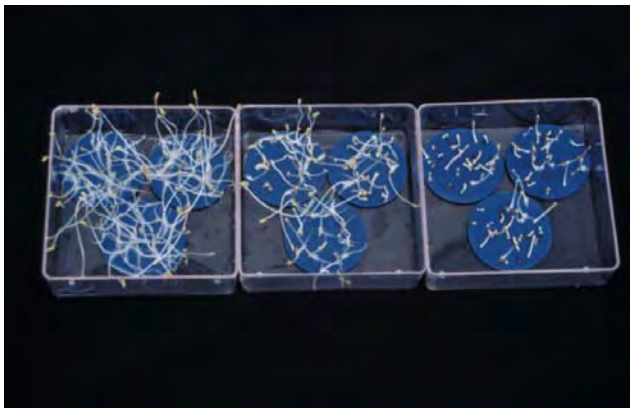

Fig. 7. Aspectos da germinação de sementes de alface, aos sete dias, incubadas, sob luz a 20 °C utilizando sementes de diferentes níveis de vigor. Sementes com alto (esquerda), médio (centro) e baixo (direita) vigor.

Não existem padrões para o vigor de sementes, e a legislação vigente obriga apenas a indicação da germinação e pureza física do lote de sementes. A portaria MARA nº 457, de 18 de dezembro de 1986 estabelece os seguintes padrões para distribuição, transporte e comércio de sementes fiscalizadas de alface, em todo o território nacional:

1. Pureza (mínima em 3 g): 95%

2. Germinação (mínima): 70 %

3. Sementes cultivadas (máximo de 3 g):

   Outras cultivares e espécies: (15)

4. Sementes silvestres (máximo em 3 g): (15)

5. Sementes nocivas (máximo em 15 g)

   a) Proibidas: (0)

   b) Toleradas: (15)

Fatores que afetam a germinação das sementes de alface

Água

Água é um fator básico para a germinação das sementes. È essencial para a ativação enzimática e para todo o metabolismo durante a

germinação, sendo necessário portanto um suprimento adequado durante a germinação e o estabelecimento das plântulas. As sementes de alface completam a germinação, isto é, emitem a radícula, quando as mesmas atingem cerca de 55% - 60% de umidade. Altos níveis de umidade no solo ou no substrato podem inibir a germinação devido à aeração insuficiente (ausência de oxigênio necessário à germinação). Umidade excessiva pode ainda favorecer o desenvolvimento de microrganismos causadores de tombamento de pré e pós emergência. No sistema de semeadura direta no campo, devem-se portanto, evitar áreas com solos pesados. Da semeadura à emergência das plânturlas, as irrigações devem ser leves e frequentes (duas a três vezes ao dia), para evitar a formação de crostas e permitir uma boa emergência. Na produção de mudas, a utilização de microaspersores é uma prática altamente recomendável.

Oxigênio

A maioria das espécies necessita de oxigênio para germinar, sendo o requerimento dependente da espécie e do grau de dormência das sementes. O requerimento do oxigênio é determinado pelo embrião, e os tecidos que o cobrem podem reduzir o suprimento deste gás. Sementes de alface requerem menos oxigênio para germinar quando comparada com sementes de grandes culturas. Entretanto, quando a concentração de oxigênio é reduzida drasticamente abaixo da concentração do ar, a germinação pode ser inibida. Deve-se portanto, evitar irrigação excessiva e/ou solos (ou substratos) pesados ou mal drenados.

Luz

A germinação de alguns genótipos de alface é controlada pela luz, embora a maioria das cultivares comerciais utilizadas atualmente não requeira luz para germinar. Sementes de genótipos fotossensíveis de alface apresentam um sistema funcional do fitocromo que são afetadas pela radiação luminosa a que são submetidas. Dependendo desta radiação luminosa, as sementes poderão germinar ou não. O fitocromo é um pigmento fotomorfogenético e fotoreversível que existe em duas formas: Pr, a forma absorvente de luz vermelha, e Pfr, a forma absorvente de luz vermelha-distante. As sementes de alface embebidas em água normalmente germinam quando são colocadas sob luz vermelha (660nm); entretanto, se colocadas sob condições de luz vermelha-distante (730nm) ou no escuro, terão a germinação inibida. A dormência secundária em alface pode ser induzida mantendo as sementes embebidas por longos períodos no escuro. A intensidade de luz durante a germinação das sementes de alface, em condições de laboratório, deve ser próxima de 26 μmol m^{-2} s^{-1}, proveniente de luz branca e fria (fluorescente).

A transformação entre as duas formas do fitocromo é afetada pela temperatura. Assim, sementes colocadas para germinar em baixas temperaturas não requerem luz para germinar. Por outro lado, sementes embebidas sob altas temperaturas exigem luz vermelha para uma adequada germinação.

A germinação dos genótipos fotosensíveis pode ser estimulada por meio de reguladores de crescimento. As giberelinas principalmente, estão envolvidas neste processo, atuando como estimuladora da germinação. Um aspecto prático com relação à exigência de luz é a profundidade de plantio. As sementes de alface não devem ser semeadas muito profundamente, pois é necessário que a luz (ou os raios solares) alcancem as sementes satisfazendo assim nas exigências de luminosidade.

Temperatura

A germinação de sementes de alface é bastante dependente da temperatura. A temperatura ótima para a germinação é em torno de 20 °C, e a maioria das cultivares deixa de germinar em

temperaturas superiores a 30 °C. Quando ocorrem condições de altas temperaturas durante a embebição das sementes de alface, dois diferentes fenômenos podem ser observados: a) a termoinibição, um processo reversível, uma vez que a germinação ocorre quando a temperatura reduz para um nível mais adequado; b) a termodormência, 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.

A temperatura máxima e crítica para a germinação das sementes de alface depende do genótipo. Algumas cultivares de alface podem germinar em temperaturas variando de 5 a 33 °C. Em geral, temperaturas acima de 30 °C afetam a germinação das sementes, decrescendo a velocidade ou a porcentagem de germinação. Assim, dependendo do local e da época de semeadura, a germinação das sementes pode ser errática ou nula, comprometendo a população de plantas da cultura no campo (Figura 8) ou na casa de vegetação (Figura 9).

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 8. Aspectos gerais do baixo estande das plantas de alface devido à redução da emergência de plântulas sobre cobertura plástica em condições de altas temperaturas durante o verão. Florida, EUA, 1997.

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 9. Aspectos da baixa emergência de plântulas de alface em casa de vegetação devido às condições de altas temperaturas durante o verão. Brasília, DF, 2002.

As primeiras horas de embebição de água pelas sementes são as mais críticas, e deve ocorrer sob temperaturas mais amenas. Assim, a probabilidade de ocorrer uma melhor germinação será sempre maior do que naquelas sementes embebidas sob baixas temperaturas do que naquelas sementes embebidas sob altas temperaturas·

Restrição da germinação sob altas temperaturas

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, não são totalmente bem entendidos. Alguns dos fatores que podem dificultar a germinação são enumerados a seguir:

a) impermeabilidade à troca de gases dos tecidos que cobrem o embrião;

b) impermeabilidade à absorção de água dos tecidos que cobrem o embrião;

c) mal funcionamento do fitocromo;

d) efeito inibidor do ácido abscísico;

e) deficiência do potencial de crescimento do embrião;
f) inibição de enzimas que degradam os tecidos que cobrem o embrião;
g) resistência mecânica dos tecidos que cobrem o embrião.

Recentemente, evidências têm sugerido que o endosperma pode retardar ou impedir a germinação das sementes, atuando como uma barreira física à emissão da radícula (Figura 10), especialmente sob condições desfavoráveis, como altas temperaturas. Em alguns casos, pode ocorrer germinação atípica, isto é, através dos cotilédones, e não da radícula (Figura 11). Assim, o "enfraquecimento" (amolecimento) do endosperma torna-se um pré-requisito à emissão da radícula. Como a parede celular do endosperma das sementes de alface é constituída, principalmente, de polissacarídeos, como galactomananos, supõe-se que a enzim a endo-β-mananase poderia desempenhar importante papel neste mecanismo.

Foto: Warley M. Nascimento

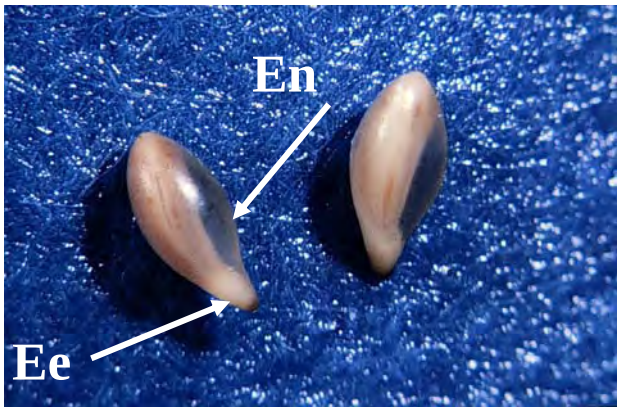

Fig. 10. Aspectos do crescimento do eixo embrionário (Ee) no interior do endosperma (En) sem haver a protrusão da radícula. O pericarpo foi retirado para melhor visualização.

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 11. Germinação atípica de sementes de alface durante a incubação a 35°C. Observe que os cotilédones, e não a radícula, romperam primeiramente o endosperma e o tegumento.

Maximizando a germinação sob altas temperaturas

Diferentes estratégias para minimizar os problemas da termoinibição e, ou da termodormência têm sido utilizadas. Alguns genótipos termotolerantes têm sido identificados ou desenvolvidos. Fatores ambientais durante a maturação das sementes podem também influenciar a temperatura limite de germinação. O condicionamento osmótico das sementes de alface é uma outra estratégia que tem sido utilizada com sucesso, para reduzir o problema de inibição da germinação causado por temperaturas altas. Reguladores de crescimento também tem sido empregados. Cada uma dessas estratégias será discutida a seguir.

Genótipos: existem diferenças no limite da temperatura de germinação entre diferentes genótipos de alface. Alguns genótipos podem germinar sob temperaturas próximas de 35 °C, como é o caso de 'Everglades' e o PI 251245. Assim, o uso de melhoramento genético possibilita o aumento da habilidade das sementes de alface germinarem em condições de altas temperaturas.

Condições climáticas durante a maturação das sementes: a região geográfica 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. Luz

contínua e/ou fotoperíodo longo durante a maturação das sementes é outro fator que pode afetar a germinação sob condições de altas temperaturas.

Condicionamento osmótico das sementes: o condicionamento osmótico consiste de uma hidratação controlada das sementes, suficiente para promover atividades pré-metabólicas, sem contudo permitir a emissão da radícula. Em geral, o tratamento consiste em embeber as sementes em uma solução osmótica por um determinado período de tempo e fazer em seguida uma secagem das mesmas para o grau de umidade inicial. Esta técnica pode também ser empregada com bastante sucesso nas condições de estresse, como temperatura inadequada. O condicionamento osmótico das sementes pode diminuir o período entre a semeadura e o estabelecimento de plântulas e reduzir o risco das sementes expostas às condições adversas e fatores bióticos no campo durante esse período crítico de germinação. Tem-se observado em alface um melhor desempenho das sementes osmoticamente condicionadas em temperaturas altas, sob condições de verão (Figura 12). Este tratamento permite ainda uma maior velocidade e uma maior uniformidade de germinação. O mecanismo exato do condicionamento osmótico para a germinação das sementes de alface, nessas condições, não é totalmente conhecido.

Foto: Warley M. Nascimento

Fig. 12. Estabelecimento da cultura de alface durante o verão. Plantas oriundas de semeadura direta utilizando sementes osmoticamente condicionadas (esquerda) e não condicionadas (direita).

Reguladores de crescimento: Citocininas, etileno e giberelinas, quando aplicadas separadamente (soluções de 10μM) ou em combinação, podem inibir a termodormência e estimular a germinação das sementes de alface. Etileno, por exemplo aumenta significativamente a germinação das sementes, sob altas temperaturas, em laboratório. O uso de etileno não tem sido aplicado comercialmente.

Sementes peletizadas

Sementes de alface caracterizam-se pelo pequeno tamanho, pouco peso e formato irregular. A peletização, tratamento que consiste no revestimento da semente com um material seco, inerte, de granulometria fina e com um material cimentante (adesivo), permite dar às sementes uma forma arredondada, aumentando o seu tamanho, o que facilita a sua distribuição, seja ela manual ou mecânica. Sementes peletizadas têm sido também facilmente semeadas em bandejas utilizando semeadeira mecânica.

O pélete entretanto, pode atuar como uma barreira física, e, dependendo de sua composição, poderá também afetar a absorção de água e a troca gasosa, retardando assim a germinação das sementes. O uso racional de sementes, evitando um gasto excessivo, a maior facilidade de manipulação e mecanização das sementes peletizadas durante a semeadura, o menor tempo gasto durante a semeadura, e a eliminação de práticas culturais, como o desbaste de plantas, são vantagens que a peletização de sementes pode trazer para o produtor, principalmente o produtor de mudas. Soma-se a isto, a possibilidade de incorporação de nutrientes, agrotóxicos e/ou reguladores de crescimento durante o processo de peletização,

ou uma possível combinação com o condicionamento osmótico, pode trazer uma melhoria no estabelecimento de plântulas de alface.

Sugestões práticas para maximizar a germinação e estabelecimento de plântulas

a) Utilizar sementes de alta qualidade fisiológica e sanitária;

b) Utilizar cultivares termotolerantes (para condições de altas temperaturas);

c) Utilizar sementes osmoticamente condicionadas (para condições de altas temperaturas);

d) Utilizar sementes peletizadas;

e) Escolher épocas de temperaturas mais baixas para semeadura;

f) Realizar a semeadura no final da tarde, quando a temperatura é mais amena;

g) Manter adequada a umidade do substrato (ou solo) durante a fase de germinação;

h) Realizar a semeadura a mais superficial possível;

i) Produzir mudas em bandejas, sob condições controladas;

j) Utilizar substratos de boa qualidade, inertes, e isentos de microrganismos;

k) Utilizar bandejas lavadas e desinfetadas;

l) Evitar o empilhamento de bandejas após a semeadura, uniformizando assim, a disponibilidade de luz, água, oxigênio e temperatura.

Referências Bibliográficas

BORTHWICK, H. A.; ROBINS, W. W. Lettuce seed and its germination. Hilgardia, Berkeley, v. 3, p. 275-304, 1928.

BRADFORD, K. J. Germination improvement and avoidance of thermodormancy through osmotic treatment of seeds. **Annual Report. California Iceberg Lettuce Advisory Board's Research Program**, 1984-1985, p. 61-72, 1985.

CANTLIFFE, D. J.; SUNG,Y.; NASCIMENTO, W. M. Lettuce seed germination. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 24, p. 229-275, 2000.

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, p. 63-71, 1990.

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

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.

GUEDES, A. C. ; CANTLIFFE, D. J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, p. 777-781, 1980.

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, p. 852-853, 1992.

HALMER; P.; BEWLEY, J. D.; THORPE, T. A. Enzime to break down lettuce endosperm cell wall during gibberellin-and-light-induced germination. **Nature**, London, v. 258, n. 5537, p. 716-718, 1975.

KHAN, A. A. Hormonal regulation of primary and secondary seed dormancy. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 29, p. 207-224, 1980/81.

NASCIMENTO, W. M. **Involvement of ethylene and endo-beta-mannanase in lettuce seed germination at high temperature**. 1998. 138 f. Dissertation (Doctor of Phylosophy) – Graduate School, University of Florida, Gainesville, FL.

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF v. 16, n. 2, p. 106-109, 1998.

NASCIMENTO, W. M. ; CANTLIFFE, D. J. Germination of primed lettuce seeds after storage. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, St. Petersburg, v. 111, p. 96-99, 1998.

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

NASCIMENTO, W. M.; CANTLIFFE, D. J. ; HUBER, D. J. Thermotolerance in lettuce seeds: association with ethylene and endo-β-mannanase. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, n. 4, p. 518-524, 2000.

NASCIMENTO, W.M.; CANTLIFFE, D.J. ; HUBER, D.J. Endo-β-mannanase activity and seed germination of thermosensitive and thermotolerance lettuce genotypes in response to seed priming. **Seed Science Research***,* Wallingford*,* v. 11, p. 255-264, 2001.

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

SUNG, Y.; CANTLIFFE, D. J. ; NAGATA, R. T. Seed developmental temperature regulation of thermotolerance in lettuce*.* **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, p. 700-705, 1998.

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.