



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISILOGIA VEGETAL

**QUALIDADE DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE
(*Lactuca sativa L.*) SUBMETIDAS A ESTRESSE NUTRICIONAL**

PATRÍCIA MARINI

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Dario Munt de Moraes, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

PELOTAS
Rio Grande do Sul - Brasil
Abril de 2007

Dados de catalogação na fonte:
Ubirajara Buddin Cruz – CRB 10/901
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

M339q Marini, Patrícia
Qualidade de sementes e crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresse nutricional / Patrícia Marini ; orientador Dario Munt de Moraes ; co-orientador Nei Fernandes Lopes. – Pelotas, 2007. – 46f. : tab. – Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2007.

1.Fisiologia vegetal. 2.*Lactuca sativa*. 3.Alface.
4.Qualidade fisiológica. 5.Nutrição mineral. 6.Sementes.
I.Moraes, Dario Munt de. II.Lopes, Nei Fernandes. III.Título

CDD: 583.32

PATRÍCIA MARINI

**QUALIDADE DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE
(*Lactuca sativa L.*) SUBMETIDAS A ESTRESSE NUTRICIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Prof. Dr. Dario Munt de Moraes, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

APROVADA: 20 de abril de 2007

Prof^a. Dra. Claudete Miranda Abreu

Prof. Dr. Carlos Alberto Silveira da Luz

Prof. Dr. Dario Munt de Moraes

(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e por me dar força e coragem para concretizar mais essa etapa da minha vida profissional.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal.

À CAPES pela concessão da bolsa durante o curso de Pós-graduação.

Ao Professor Dario Munt de Moraes pela orientação e apoio na condução e elaboração deste trabalho, que sem dúvida foram muito importantes.

Ao Professor Nei Fernandes Lopes pela co-orientação, por sua dedicação e conhecimentos transmitidos ao longo do curso, além de sua amizade e palavras de apoio que com certeza não vou esquecer.

Às minhas colegas e acima de tudo amigonas, Caroline Leivas Moraes e Tatiana Raquel Löwe, que além de ajudar na parte prática deste trabalho com muita dedicação e paciência, sempre estiveram prontas para me apoiar em todos momentos, presenças constantes e indispensáveis nessa etapa da minha vida, agradeço a vocês por esta amizade verdadeira que sempre me incentivou durante a realização deste curso.

A minha colega e amiga Francine Ferreira Cassana, pela saudosa convivência durante esses dois anos de curso.

À Prof^a.Claudete Miranda Abreu, que sempre auxiliou e apostou na minha capacidade, obrigada pelo apoio e amizade dedicados.

As amigas queridas, Maria da Graça de Souza Lima e Cristina Rodrigues Mendes, pela valiosa ajuda em todo tipo de trabalho e dúvida, por estarem sempre prontas para ajudar, por tudo mesmo, obrigada.

A todos funcionários do Departamento de Botânica, em especial ao Rudinei e Luíza, pessoas acima de tudo amigas e incentivadoras.

Aos meus pais, que mesmo na sua maneira, sempre depositaram confiança e apoiaram minhas decisões e objetivos traçados.

A minha avó paterna Venúncia Zaffalon Marini (*in memorium*), que embora não esteja mais ao meu lado, sei que em algum lugar, me acompanha e me abençoa, estando sempre presente na minha trajetória.

A minha avó materna Irena Szczeinski, que nunca deixou de acreditar nos meus sonhos e sempre torceu por mim.

A minha querida irmã, Naciele Marini, que sempre esteve pronta para me ajudar com seus dotes de informática, resolvendo qualquer problema que surgia no computador, sem falar da disposição para me ouvir e conversar quando precisei, sua companhia e amizade foram muito importantes.

Ao meu namorado Eduardo Madruga, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, alegres e tristes, fáceis e difíceis, presença constante e marcante na minha vida, obrigada por sempre me apoiar e acreditar na minha capacidade.

A todas as pessoas que embora não tenham seus nomes citados, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

SUMÁRIO.....	vii
SUMMARY.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1 – QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE (<i>Lactuca sativa</i> L.) SUBMETIDAS À AUSÊNCIA DE NITROGÊNIO.....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	5
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	8
CONCLUSÕES.....	13
CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE (<i>Lactuca sativa</i> L.) E QUALIDADE DE SEMENTES SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
CONCLUSÕES.....	26

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE (<i>Lactuca sativa</i> L.) SUBMETIDAS À AUSÊNCIA DE POTÁSSIO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES	38
CONCLUSÃO GERAL.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

SUMÁRIO

MARINI, PATRÍCIA, M.S., Universidade Federal de Pelotas, Abril, 2007. **Qualidade de sementes e crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresse nutricional.** Orientador: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes, co-orientador: Prof. Dr. Nei Fernandes Lopes.

Para se obter sementes de alta qualidade é indispensável a realização de adubação mineral adequada, devido ao fato desta ser importante para a planta se desenvolver e reproduzir, pois sua disponibilidade influencia o vigor e a qualidade fisiológica das sementes e, conseqüentemente, o crescimento de plântulas. Dessa forma, o estudo objetivou determinar o efeito da retirada alternada dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento de plântulas de alface. Também avaliou o efeito da ausência e presença da solução nutritiva completa na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento inicial de plântulas de alface. O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes e na casa-de-vegetação do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com três repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 5\%$). O ensaio foi conduzido três vezes, em

cada etapa foi retirado um macroelemento, sendo constituído de três tratamentos: solução nutritiva de Hoagland com ½ força, solução nutritiva de Hoagland ½ força menos um elemento (N, P e K) e água. Foram efetuados os seguintes testes: germinação (TG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica (CE), emergência de plântulas (E), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR), massas fresca (MF) e seca (MS) da PA e do SR de plântulas, área foliar, número de folhas, e determinação do teor de pigmentos (clorofilas). A qualidade fisiológica de sementes foi influenciada pelos tratamentos. A solução de Hoagland completa ½ força produziu aumentos na maioria das características de crescimento das plântulas crescidas em casa-de-vegetação, principalmente, no acúmulo de matéria seca e área foliar. Em geral, o teor de clorofilas não foi afetado pelos diferentes tratamentos.

Termos para indexação: *Lactuca sativa* L., qualidade fisiológica, nutrição mineral, semente.

SUMMARY

MARINI, PATRÍCIA, M.Sc., Universidade Federal de Pelotas, April, 2007. **Quality of seeds and growth seedlings of letucce (*Lactuca sativa* L.) submit stress nutritional.** Advisor: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes, comitte: Prof. Dr. Nei Fernandes Lopes.

In order to obtain high quality seeds, it is indispensable adequate mineral fertilizing, being important for plant development and reproduction, as well as it has influence in the strength and the physiological quality from the seeds and consequently, the growth of seedling. This way, the research was done with objective to evaluate the effect of alternating retreat of the macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in the physiological quality of seeds and in the first growth of letucce seedlings. It was also evaluated the effect of presence and absence of the complete nutritive solution in the physiological quality of the seeds and in the first growth of letucce seedlings. The experiment was carried in the seeds laboratory and the greenhouse of the Departament Botany, Universidade Federal de Pelotas. The experimental design was completely randomized with three replications. The means were compared by Tukey test ($p \leq 5\%$). The assay was conducted three times, in each one was Hoaglands solution $\frac{1}{2}$ strength, Hoaglands solution $\frac{1}{2}$ strength minus one element (N, P and K) and

water. The following tests were led: germination (TG), first counting of germination (PCG), germination speed index (IVG), electric conductivity (CE), seedlings emergence (E), emergence speed index (IVE), shoot (PA) and roots (SR) lengths of seedlings, fresh (MF) and dry (MS) matters of shoot and root seedlings, leaf area, leaf number, and pigments (chlorophylls) content. The physiological quality of seeds was affected by treatments. The complete Hoagland solution ½ strength produced increments on the majors growth characteristics of seedlings under greenhouse conditions, meanly on dry matter accumulation and leaf area. In general, the chlorophylls content was not affected by different treatments.

Index terms: *Lactuca sativa* L., physiological quality, nutrition mineral, seed.

INTRODUÇÃO GERAL

A reserva de nutrientes na semente é expressa pelos teores encontrados nas partes constituintes da mesma e, irão suprir os elementos necessários para o estabelecimento da plântula em seus estádios iniciais. Porém, existe um momento em que o vegetal necessita de um suprimento externo de nutrientes devido muitas vezes a baixa fertilidade de alguns solos, o que pode ser melhorado com o tratamento de sementes (OLIVEIRA et al., 1996). Para se obter semente de alta qualidade é indispensável a realização de adubação mineral adequada. No entanto, trabalhos que objetivam relacionar adubação e nutrição das plantas com a qualidade fisiológica (viabilidade e vigor da semente e crescimento da plântula) das sementes são em número reduzido e os resultados nem sempre são concordantes (CARVALHO et al., 2001, TEIXEIRA et al., 2005).

O conhecimento preciso do potencial fisiológico das sementes permite, principalmente para espécies onde há transplante de mudas como a alface, a obtenção de mudas de tamanho e qualidade uniformes, com reflexos no desenvolvimento das plantas e, possivelmente, na produção final (MARCOS FILHO, 2001). Portanto, a produção de mudas e de plantas saudáveis depende em grande parte da utilização de sementes de boa qualidade.

O suprimento inadequado de um elemento essencial resulta em um distúrbio nutricional que se manifesta por sintomas de deficiência característicos,

os quais alteram o metabolismo e funcionamento normal da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004). Geralmente as plantas apresentam sintomas de deficiência característicos, como a redução no crescimento, clorose e até necrose dos tecidos. Entretanto, estes sintomas podem variar em função da espécie, da severidade da deficiência, do estágio de crescimento, bem como da interação de duas ou mais deficiências (MARENCO & LOPES, 2005).

Sabe-se que todos os nutrientes são importantes para o bom desenvolvimento das plantas, porém, para determinadas culturas alguns são mais exigidos. A alface absorve em maior quantidade os nutrientes como o nitrogênio, o potássio, o fósforo e o cálcio, sem desprezar, entretanto, a importância dos demais (ZAMBON, 1982). Assim como várias outras hortaliças, a alface exige um fornecimento considerável de nutrientes prontamente solúveis dentro de um curto período de intenso crescimento vegetativo (GARCIA, 1982), sendo, portanto, comum a aplicação, pelos produtores, de doses maciças de fertilizantes para atender à demanda de nutrientes da cultura.

Sendo assim, estudos relacionados à nutrição mineral da alface tornam-se necessários visto que esta hortaliça está entre as mais cultivadas no mundo, ocupando a 6ª posição na ordem econômica entre as mais produzidas (NADAL et al., 1986) apresentando baixo valor calórico, boa fonte de vitaminas e de sais minerais (OSHE et al., 2001) além de apresentar baixo custo. Logo, considerando que o valor comercial das sementes de hortaliças vem aumentando (McDONALD, 1998) é importante a realização de mais estudos que visem a análise das mesmas, pois para a produção de mudas de tamanho e qualidade uniformes, é necessária a obtenção de sementes de alta qualidade.

Baseado no exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar e descrever a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a presença e ausência da solução de nutrientes completa, bem como a retirada alternadamente dos elementos essenciais nitrogênio, fósforo e potássio da solução nutritiva completa.

CAPÍTULO 1

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) SUBMETIDAS À AUSÊNCIA DE NITROGÊNIO.

INTRODUÇÃO

A qualidade de sementes é obtida por meio da avaliação do potencial fisiológico, o qual fornece informações para a detecção e solução de problemas durante o processo produtivo e, também, sobre o desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2001). A produção de mudas e de plantas saudáveis, com reflexos no desenvolvimento das plantas, depende em grande parte da utilização de sementes de boa qualidade, as quais podem ser expressas pela interação de quatro componentes: genético, físico, sanitário e fisiológico (AMBROSANO et al., 1996).

A qualidade fisiológica da semente pode ser influenciada pelo ambiente em que as sementes se formam (VIEIRA et al., 1993). Logo, deve-se considerar a germinação e o vigor, para diferenciar sementes com maior potencial fisiológico, em função de tratamentos culturais aplicados, como a adubação mineral (ANDRADE et

al., 1999). O suprimento inadequado de um elemento essencial resulta em um distúrbio nutricional que se manifesta por sintomas de deficiência característicos, os quais alteram o metabolismo e o funcionamento normal da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O nitrogênio é um macronutriente essencial, pois participa da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas. Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução do seu tamanho e, conseqüentemente, redução da produção econômica das sementes (OLIVEIRA et al., 2003). É, normalmente, o elemento mineral encontrado em maior quantidade na matéria seca da alface; com teores que, dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento e órgão da planta, variam de 2 a 5% (MARSCHNER, 1995). Além disso, é o nutriente que mais interfere no crescimento vegetativo da alface, também responsável pela inibição da absorção de cálcio (SHER, 1975).

Esta hortaliça apresenta boa resposta à adubação nitrogenada, com efeitos na produção, aumentando o tamanho e melhorando o aspecto das plantas (KATAYAMA, 1993; OSHE, 2000; SANTOS et al., 2001). Em pesquisa realizada com seis adubos nitrogenados na cultura da alface todos os seis promoveram aumento de produção de massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) em relação à testemunha (CASTRO & FERRAZ Jr, 1998).

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes e o crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L) submetidas à ausência de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes e na casa de vegetação do Departamento de Botânica, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Pelotas.

O ensaio foi conduzido utilizando sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Regina, sendo avaliados os efeitos da omissão do macronutriente nitrogênio na qualidade das sementes e no crescimento de plântulas de alface. Foram utilizados três tratamentos: solução nutritiva completa ½ força de Hoagland (HOAGLAND & ARNON, 1938), solução de Hoagland ½ força sem nitrogênio e água.

As sementes foram submetidas aos seguintes testes: **teste de Germinação (TG)** _ foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes distribuídas em caixas plásticas do tipo gerbox, sobre duas folhas de papel filtro umedecidas com 15 mL de cada tratamento. O teste foi conduzido no germinador a 25°C±1 e a avaliação final realizou-se aos sete dias conforme RAS (Brasil, 1992), sendo os dados expressos em porcentagem de germinação; **primeira contagem de germinação (PCG)** - realizada conjuntamente com o teste de germinação no quarto dia após a instalação do teste (BRASIL, 1992); **índice de velocidade de germinação (IVG)** – estabelecido conjuntamente com o teste de germinação, a contagem do número de plântulas germinadas foi efetuada diariamente até a

estabilização; **comprimento, massa fresca (MF) e seca (MS) das plântulas** – foram determinadas aos sete dias após a instalação do teste de germinação e os resultados expressos em mm/plântula e mg/plântula, respectivamente; **emergência de plântulas (E)** – experimento conduzido em casa-de-vegetação, utilizando bandejas de isopor de 200 células. O substrato utilizado foi areia lavada. A irrigação com as soluções nutritivas foi realizada a cada dois dias e nos intervalos utilizou-se água; **Índice de Velocidade de Emergência (IVE)** – estabelecido conjuntamente com o teste de emergência, conforme descrito por Vieira & Carvalho (1994), sendo a contagem do número de plântulas emersas efetuado diariamente até a estabilização; **Comprimento da parte aérea (PA)**, e do **sistema radicular (SR) e Massa fresca (MF) e seca (MS) da PA e SR das plântulas** – realizado em conjunto com o teste de emergência em casa de vegetação, ao final dos 21 dias após a instalação do teste de emergência das plântulas de acordo com POPINIGIS (1985), e os resultados expressos em mm/plântula e mg/plântula, respectivamente; **Condutividade elétrica (CE)** – as sementes de alface foram inicialmente embebidas por 1 hora nas diferentes soluções nutritivas e, após, lavadas com água destilada. Pesaram-se as amostras e, estas foram colocadas em copos de béquer com 80 mL de água deionizada e mantidas no germinador a temperatura de 20°C. A condutividade elétrica foi medida em condutivímetro nos tempos de três e 24 horas. Realizaram-se as leituras da condutividade das sementes em condutivímetro Digimed CD-21 e os resultados expressos em $\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente; **teor de clorofila total, clorofila a, clorofila b** – a extração de pigmentos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por ARNON (1949), aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de plântulas e quantificada conforme LICHTENTHALER (1987), sendo os resultados expressos em mg de clorofila g^{-1} MF; **área foliar** – foi determinada aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de plântulas das sementes de alface, em medidor de área foliar da marca Li-Cor 3000 e os resultados expressos em $\text{mm}^2 \text{plântula}^{-1}$; **número de folhas** – foi contado quando da medição da área foliar.

O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com três repetições estatísticas, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação das sementes de alface foi de 99%, independentemente do tratamento, mostrando serem sementes de alto potencial para germinação (Tabela 1). Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Crusciol et al. (2003), avaliando a influência de doses de nitrogênio na cultura de feijão cv. IAC-carioca sobre a qualidade fisiológica de suas sementes, onde a germinação, independente da dose de nitrogênio aplicada variou de 91 a 93%. No entanto, estudos conduzidos avaliando a influência de fontes e doses de nitrogênio sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem onde, independente das fontes utilizadas, todas as doses de nitrogênio aplicadas propiciaram porcentagem de germinação superior à testemunha (OLIVEIRA et al., 2003).

No que se refere à primeira contagem da germinação (PCG) e ao índice de velocidade de germinação (IVG), também não foi obtido diferenças significativas entre os tratamentos analisados (Tabela 1).

Tabela 1- Efeito das diferentes soluções nutritivas e água na porcentagem de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes de alface cv. Regina

Tratamentos	TG (%)	PCG (%)	IVG
Completa	99* A	98 A	45 A
Sem N	99 A	98 A	46 A
Água	99 A	98 A	43 A
CV (%)	1,18	1,43	3,55

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A massa fresca, massa seca e o comprimento da parte aérea das plântulas de alface cv. Regina, em condições laboratoriais, foram significativamente ($p \leq 0,05$) maiores na solução completa em comparação com a solução sem nitrogênio e água. Enquanto, o comprimento do sistema radicular, em condições de laboratório, não mostrou diferenças significativas entre os três tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Massa fresca (MF), massa seca (MS), comprimento da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de plântulas de alface, cv. Regina, submetidas a diferentes soluções nutritivas sete dias após a semeadura

Tratamentos	MF (mg.plântula ⁻¹)	MS (mg.plântula ⁻¹)	PA (mm.plântula ⁻¹)	SR (mm.plântula ⁻¹)
Completa	210* A	7,0 A	51,4 A	7,6 A
Sem N	170 B	5,0 AB	38,7 B	6,9 A
Água	140 C	4,0 B	32,3 B	6,5 A
CV (%)	3,25	16,97	0,97	18,23

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

No teste de condutividade elétrica foi detectado diferenças significativas ($p \leq 0,05$) no tempo de três e 24 horas de incubação, sendo que o tratamento sem nitrogênio apresentou menor vigor das sementes de alface cv. Regina (Tabela 3), pois foi o tratamento que propiciou a maior condutividade e, conseqüentemente, a maior lixiviação de eletrólitos. Provavelmente isso ocorreu porque o nitrogênio interfere no conteúdo de proteína, podendo afetar a qualidade das sementes, visto que as proteínas de reserva são hidrolisadas durante a germinação das sementes, para suprir de nitrogênio, enxofre e esqueletos de carbono o eixo embrionário e a

plântula durante as fases iniciais de desenvolvimento (Tsai et al., 1980). Portanto, a redução da quantidade de proteína na semente pode ocasionar deterioração mais rápida das mesmas, visto que as proteínas não são estáticas, ocorrendo “turnover” aminoácidos-proteínas, assim a reorganização das membranas celulares necessitam de suprimento de N. A qualidade fisiológica de sementes de milho é reduzida com o decréscimo na adubação nitrogenada, sendo que na dose zero de N ocorre maior lixiviação de eletrólitos (Imolesi et al., 2001). Resultados estes que corroboram com os encontrados neste estudo, onde o tratamento com omissão deste nutriente apresentou os maiores valores de condutividade elétrica.

Tabela 3 – Condutividade elétrica (CE) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Regina, submetidas às diferentes soluções nutritivas e água

Tratamentos	CE ($\mu\text{Sm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	
	3 horas	24 horas
Completa	3096* AB	8920 A
Sem N	4272 A	8592 A
Água	2319 B	5694 B
CV (%)	16,02	16,54

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em casa-de-vegetação, a porcentagem de emergência, o índice de velocidade de emergência e o comprimento do SR de plântulas de alface, não foram influenciados pelos diferentes tratamentos aos 21 dias da semeadura. No entanto, o comprimento da PA, a área foliar e o número de folhas por plântula foram significativamente ($p \leq 0,05$) superiores na solução nutritiva completa em relação a solução sem N e água (Tabela 4).

Tabela 4 - Porcentagem de emergência de plântulas (E%), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (PA) e sistema radicular (SR) das plântulas, área foliar (AF) e número de folhas (NF) por planta avaliados após 21 dias da semeadura, em casa-de-vegetação, nas soluções nutritivas analisadas e água

Tratamentos	E (%)	IVE	Comprimento (mm.plântula ⁻¹)		Área Foliar (mm ² .plântula ⁻¹)	Número de folhas.plântula ⁻¹
			PA	SR		
Completa	97* A	14 A	20 A	168 A	1529 A	6,0 A
Sem N	97 A	13 A	14 B	160 A	396 B	5,0 B
Água	93 A	10 A	12 B	147 A	369 B	5,0 B
CV%	2,91	8,95	7,10	8,79	11,70	6,01

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. .

O estado nutricional das plantas e as condições do ambiente como temperatura, luminosidade, umidade do solo, aliados às características genéticas das plantas e manejo são ferramentas fundamentais para o processo de formação e manutenção dos tecidos vegetais e por consequência da área foliar. Sob condições de deficiência de nitrogênio é retardada a divisão celular nos pontos de crescimento, o que resulta em uma redução da área foliar e no tamanho da planta (Arnon, 1975), com reflexos no rendimento da cultura. Couve da Malásia cultivada em solução nutritiva com omissão de N apresenta raquitismo das plantas, redução da área foliar e tonalidade verde-claro das folhas, evidenciando a importância do N para o crescimento desta brássica (ZANÃO JÚNIOR et al., 2005).

A massa fresca e seca de plântulas de alface, aos 21 dias após a semeadura, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, foram significativamente incrementadas pela solução nutritiva completa em comparação com a sem N e a água (tabela 5).

Tabela 5 - Massa fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de plântulas de alface, submetidas as diferentes soluções nutritivas e água, após 21 dias da semeadura em casa de vegetação

Tratamentos	MF (mg.plântula ⁻¹)		MS (mg.plântula ⁻¹)	
	PA	SR	PA	SR
Completa	410* A	153 A	20 A	8,0 A
Sem N	100 B	66 B	5,0 B	3,0 B
Água	75 B	53 B	5,0 B	2,0 B
CV (%)	18,11	20,79	7,45	17,57

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Este aumento na biomassa pode ser reforçado nos resultados obtidos por Alvarenga et al. (2000) e Castro e Ferraz Jr, (1998) que observaram que o nitrogênio aumenta a produção de massa seca de alface, portanto, a ausência deste nutriente reduz o crescimento. Em feijoeiro, a adubação nitrogenada proporciona efeito benéfico, aumentando a produção de matéria fresca e matéria seca da parte aérea (Lima et al., 2001). Em outro estudo com diferentes cultivares de alface utilizando cinco doses de nitrogênio também ocorre aumento de produção de matéria fresca da parte aérea (MANTOVANI et al., 2005).

Os teores de pigmentos não tiveram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6). O que não era esperado, visto que o nitrogênio faz parte da constituição da molécula de clorofila, e por este motivo se esperaria que sua ausência afetasse na formação dos teores de clorofilas.

Tabela 6 - Teor de clorofilas nas plântulas de alface cv.Regina, após 21 dias de cultivo em casa-de-vegetação, sob as condições nutritivas analisadas e água

Tratamentos	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila Total
		mg . g ⁻¹ MF	
Completa	0,18* A	0,10 A	0,28 A
Sem N	0,17 A	0,09 A	0,26 A
Água	0,14 A	0,08 A	0,23 A
CV (%)	15,10	14,63	16,66

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

As utilizações de solução nutritiva completa e sem nitrogênio não interferem na viabilidade e no vigor das sementes de alface cv. Regina nos testes realizados em condições laboratoriais. No entanto, em condições de casa-de-vegetação a solução nutritiva completa incrementa significativamente o comprimento da parte aérea, a massa fresca e seca da parte aérea e raízes, aumentando também a área foliar e o número de folhas por plântula, aos 21 dias após a emergência. Os demais testes, não são influenciados pelos tratamentos.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) E QUALIDADE DE SEMENTES SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO.

INTRODUÇÃO

A influência da qualidade das sementes na produção de mudas e plantas tem sido verificada em diversos estudos, como os realizados por Souza (1977) com sementes de trigo, onde o vigor foi fator determinante da qualidade das sementes e na produção final. Logo, a produção de mudas e de plantas saudáveis, com reflexos no desenvolvimento das plantas, depende em grande parte da utilização de sementes de boa qualidade, as quais podem ser obtidas através da utilização de adubação mineral adequada, visto que o suprimento inadequado de um elemento essencial resulta em um distúrbio nutricional que se manifesta por sintomas de deficiência característicos, os quais alteram o metabolismo e o funcionamento normal da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Na nutrição mineral de plantas, o fósforo tem destaque no metabolismo da planta, principalmente no controle da atividade enzimática (FAQUIM, 1994). Além disso, é regulador da turgidez do tecido e possibilita o controle da concentração de CO₂ na câmara sub-estomática, a qual afeta diretamente a atividade fotossintética e a transpiração (HOPKINS, 1995). Ainda atua no transporte de carboidratos (MENGEL & KIRKBY, 1987). Diminui os danos causados por geadas, pela seca e por salinidade (DOUGLAS, 1985). Logo, a deficiência deste elemento na alface reduz em muito o crescimento da planta, havendo má formação da cabeça, coloração verde-opaca das folhas velhas, podendo mostrar tonalidades vermelho-bronze ou púrpura (KATAYAMA, 1993). Além de afetar o desenvolvimento da planta, o fósforo pode interferir no equilíbrio nutricional da cultura (MOTA et al., 2003).

Desse modo, limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, dos quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, diferentemente dos demais nutrientes, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (Grant et al., 2001).

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar e descrever a viabilidade e o vigor de sementes de alface cv. Regina, bem como, o crescimento das plântulas de alface submetidas à deficiência de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes e na casa de vegetação do Departamento de Botânica, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Pelotas.

O ensaio foi conduzido utilizando sementes de alface (*Lactuca sativa*) cv. Regina, sendo avaliados os efeitos da omissão do macronutriente fósforo. Foram utilizados três tratamentos: solução nutritiva completa ½ força de Hoagland (HOAGLAND & ARNON, 1938), solução de Hoagland ½ força sem fósforo e água.

As sementes foram submetidas aos seguintes testes: **teste de Germinação (TG)** - foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes distribuídas em caixas plásticas do tipo gerbox, sobre duas folhas de papel filtro umedecidas com 15 mL de cada tratamento. O teste foi conduzido no germinador a 25°C±1 e a avaliação final realizou-se aos sete dias conforme RAS (Brasil, 1992), sendo os dados expressos em porcentagem de germinação; **primeira contagem de germinação (PCG)** - realizada conjuntamente com o teste de germinação no quarto dia após a instalação do teste (BRASIL, 1992); **índice de velocidade de germinação (IVG)** – estabelecido conjuntamente com o teste de germinação, a contagem do número de plântulas germinadas foi efetuada diariamente até a estabilização;

comprimento, massa fresca (MF) e seca (MS) das plântulas – foram determinadas aos sete dias após a instalação do teste de germinação e os resultados expressos em mm/plântula e mg/plântula, respectivamente; **emergência de plântulas (E)** – experimento conduzido em casa de vegetação, utilizando bandejas de isopor de 200 células. O substrato utilizado foi areia lavada. A irrigação com as soluções nutritivas foi realizada a cada dois dias e nos intervalos utilizou-se água; **Índice de Velocidade de Emergência (IVE)** – estabelecido conjuntamente com o teste de emergência, conforme descrito por Vieira & Carvalho (1994), sendo a contagem do número de plântulas emersas efetuado diariamente até a estabilização; **Comprimento da parte aérea (PA)**, e do **sistema radicular (SR) e Massa fresca (MF) e seca (MS) da PA e SR das plântulas** – realizado em conjunto com o teste de emergência em casa de vegetação, ao final dos 21 dias após a instalação do teste de emergência das plântulas de acordo com POPINIGIS (1985), e os resultados expressos em mm/plântula e mg/plântula, respectivamente; **Condutividade elétrica (CE)** – as sementes de alface foram embebidas inicialmente por 1 hora nas diferentes soluções nutritivas e, após, lavadas com água destilada. Pesaram-se as amostras e estas foram colocadas em copos de béquer com 80 mL de água deionizada, mantidas em germinador a temperatura de 20°C. A condutividade elétrica foi medida em condutivímetro nos tempos de três e 24 horas. Realizaram-se as leituras da condutividade das sementes em condutivímetro Digimed CD-21 e os resultados expressos em $\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente; **teor de clorofila total, clorofila a, clorofila b** – a extração de pigmentos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por ARNON (1949), aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de plântulas e quantificada conforme LICHTENTHALER (1987), sendo os resultados expressos em mg de clorofila g^{-1} MF; **área foliar** – foi determinada aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de plântulas das sementes de alface, em medidor de área foliar da marca Li-Cor 3000 e os resultados expressos em $\text{mm}^2 \text{plântula}^{-1}$; **número de folhas** – foi contado quando da medição da área foliar.

O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com três repetições estatísticas, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos com a retirada de fósforo não houve diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para o teste de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação entre os três tratamentos analisados, (Tabela 1).

Tabela 1- Efeito das diferentes soluções nutritivas e água na porcentagem de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes de alface cv. Regina

Tratamentos	TG (%)	PCG (%)	IVG
Completa	100* A	99 A	41 A
Sem P	99 A	99 A	39 A
Água	97 A	97 A	43 A
CV (%)	2,30	3,18	9,86

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A massa fresca e a massa seca das plântulas provenientes das sementes de alface cv. Regina, mostraram diferenças significativas, sendo que os tratamentos com solução nutritiva completa e com omissão de fósforo tiveram valores significativamente maiores ($p \leq 0,05$) em relação ao tratamento somente com água (Tabela 2).

No comprimento das plântulas, tanto para a parte aérea quanto para o sistema radicular houve diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Na parte aérea das plântulas, o comprimento foi superior nos tratamentos com solução nutritiva completa e na solução sem fósforo, apresentando desempenho inferior no tratamento com água. Entretanto, no comprimento da raiz ocorreu o contrário, onde o tratamento com apenas água o comprimento das raízes foi maior em comparação com as soluções nutritivas completa e sem P (Tabela 2). Este fato pode ter ocorrido devido à procura de nutrientes pelas raízes fazendo com que se expandissem mais em relação aos outros tratamentos.

Tabela 2 - Massa fresca (MF), massa seca (MS), comprimento da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de plântulas de alface, cv. Regina, submetidas a diferentes soluções nutritivas sete dias após a semeadura

Tratamentos	MF (mg.plântula ⁻¹)	MS (mg.plântula ⁻¹)	PA (mm.plântula ⁻¹)	SR (mm.plântula ⁻¹)
Completa	210* A	7,0 A	48,7 A	11,6 B
Sem P	200 A	6,0 A	51,7 A	11,3 B
Água	150 B	4,0 B	32,3 B	23,8 A
CV (%)	3,64	7,86	5,43	24,98

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A condutividade elétrica detectou que em ambos os tempos de incubação (três e 24 horas), o tratamento com solução nutritiva completa induziu maior lixiviação de solutos, resultando em sementes de alface menos vigorosas. No entanto, este fato pode estar relacionado a alta quantidade de sais presentes no apoplasto e liberados para o meio, os quais podem ter influenciado nos resultados (Tabela 3), uma vez que, nos demais testes de vigor realizados neste estudo, foi observado que a solução completa de nutrientes obteve melhor desempenho para a maioria das variáveis analisadas, influenciando positivamente no crescimento das plântulas de alface cv. Regina. De acordo com Tao (1978), o teste de condutividade elétrica avalia os danos por embebição, ou seja, a quantidade de exsudatos liberados pelas sementes durante a embebição, e está relacionado à germinação.

Tabela 3 – Condutividade elétrica (CE) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Regina, submetidas às diferentes soluções nutritivas e água

Tratamentos	CE ($\mu\text{S m}^{-1}\text{g}^{-1}$)	
	3 horas	24 horas
Completa	3096* A	8920 A
Sem P	2633 B	7402 AB
Água	2319 B	5694 B
CV (%)	6,66	16,75

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A porcentagem de emergência de plântulas em casa-de-vegetação apresentou resultados significativos, sendo que a solução completa de nutrientes mostrou valores superiores. Já em relação ao IVE não foi verificado resultado significativo entre os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 - Porcentagem de emergência de plântulas (E%), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (PA) e sistema radicular (SR) das plântulas, área foliar (AF) e número de folhas (NF) por planta avaliados após 21 dias da semeadura, em casa-de-vegetação, nas soluções nutritivas analisadas e água

Tratamentos	E (%)	IVE	Comprimento (mm.plântula ⁻¹)		Área Foliar (mm ² .plântula ⁻¹)	Número de folhas.plântula ⁻¹
			PA	SR		
Completa	76* A	9,3 A	13 A	143 B	2208 A	7,6 A
Sem P	36 B	7,2 A	8 B	172 A	784 B	5,9 B
Água	68 AB	7,0 A	10 AB	193 A	558 B	5,5 B
CV%	16,92	11,73	10,17	5,04	10,04	5,17

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

O comprimento de plântulas da parte aérea, após 21 dias da emergência demonstrou diferenças estatísticas entre os tratamentos, sendo que o tratamento com solução nutritiva completa exibiu valores superiores, enquanto que o tratamento com omissão de fósforo apresentou os menores valores (Tabela 4). Enquanto os resultados referentes ao comprimento do sistema radicular diferiram significativamente ($p \leq 0,05$), onde o tratamento com água e o tratamento com omissão de fósforo tiveram maior comprimento de raiz comparado ao tratamento com solução completa de nutrientes. Diante destes resultados é possível inferir que

a falta do macronutriente mineral produz redução maior na parte aérea do que no sistema radicular, visto a necessidade de priorizar o crescimento do sistema radicular para explorar maior volume do solo, a fim de suprir as necessidades da plântula (Tabela 4).

Por outro lado, alguns nutrientes, como os nitratos, são móveis em solos úmidos, tornando pouco importante a proximidade das superfícies das raízes de absorção à fonte do recurso, para nutrientes com baixas taxas de difusão no solo, como os fosfatos (relativamente imóveis) , a proximidade entre a superfície absorviva da raiz e a fonte do recurso é muito importante (Harper et al., 1991). Neste caso, o sistema radicular precisa explorar o solo em busca do recurso imóvel, e fazer o uso do mesmo de forma otimizada. Logo, plantas que crescem em solos pobres em fósforo apresentam seus sistemas radiculares comparativamente maiores em relação a plantas crescendo em solos férteis, indicando estratégia adaptativa da planta em direção à maior eficiência de exploração do solo (Teruel et al., 2001). Isto pode explicar o fato do sistema radicular das plantas submetidas a ausência de fósforo e regadas apenas com água terem apresentado maior comprimento de raiz em relação ao tratamento com solução completa de nutrientes. Ressalta-se que em condições de laboratório isto também foi observado em relação ao comprimento de raízes.

O conteúdo de P nas sementes pode ser importante na fase inicial de crescimento das plantas, quando o sistema radicular está pouco desenvolvido para o suprimento adequado da planta com esse nutriente. Normalmente, as sementes armazenam P na forma de fitina, que são mobilizados durante o processo de germinação, pois após a embebição das sementes o metabolismo das mesmas é acelerado.

Aos vinte e um dias após a semeadura, a solução nutritiva completa promoveu significativos ($p \leq 0,05$) incrementos na área foliar e no número de folhas em comparação com a solução nutritiva omissa em fósforo e a água (Tabela 4).

A massa fresca (MF) e a massa seca (MS) da parte aérea obtida do experimento conduzido em casa-de-vegetação, apresentaram diferenças

significativas, sendo que a solução de nutrientes completa demonstrou superioridade de valores para estas variáveis (Tabela 5).

Tabela 5 - Massa fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de plântulas de alface cv. Regina, submetidas as diferentes soluções nutritivas e água, após 21 dias da semeadura em casa de vegetação

Tratamentos	MF (mg.plântula ⁻¹)		MS (mg.plântula ⁻¹)	
	PA	SR	PA	SR
Completa	604* A	240 A	37 A	11 A
Sem P	251 B	129 B	16 B	5,0 B
Água	162 C	137 B	10 B	5,0 B
CV (%)	6,06	18,72	14,63	15,28

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

O conteúdo de fósforo armazenado na semente de cevada é importante no crescimento subsequente da planta, assim sementes com menor teor de fósforo, quando embebidas em solução com ortofosfato, produzem maior quantidade de massa seca na parte aérea quando comparadas com sementes que não foram embebidas (ZANG et al., 1990).

A produção da alface americana crescida sob diferentes fontes de fósforo responde significativamente às diferentes fontes deste nutriente, no que diz respeito à massa fresca e seca da parte aérea, em ordem decrescente com as fontes Fosmag, superfosfato triplo, superfosfato simples, termofosfato magnesiano e fosfato reativo de Arad (LANA et al., 2004). Já na ausência deste macronutriente, ocorreu significativa redução da massa fresca da parte aérea e seca de raízes, bem como valores mais baixos em todas as variáveis relacionadas ao bom desenvolvimento da planta, indicando que a alface responde positivamente a teores mais elevados deste nutriente no solo, o que evidencia a elevada exigência da alface em fósforo.

A massa fresca e seca do sistema radicular também foi constatada diferenças estatísticas, onde a solução de nutrientes completa mostrou valores superiores em relação aos tratamentos com omissão de fósforo e com água (Tabela 5).

Em experimentos conduzidos em laboratório, casa-de-vegetação e campo, têm sido avaliados a contribuição da reserva da própria semente no estabelecimento das plantas. Desse modo, o conteúdo de fósforo da semente é responsável pelo aumento significativo na massa seca das plântulas de soja aos 21 dias, na altura, no número de vagens e no número de sementes por planta, estes dois últimos relacionados diretamente com o rendimento (BRITOS, 1985). Da mesma forma, o aumento da concentração de fósforo na semente de soja (de 0,58% para 1,10%) propicia aumento de rendimento de aproximadamente 37%, em solo com adubação de fósforo e, de 20%, em solo sem adubação de fósforo (TRIGO et al., 1997). Isto também é observado em sementes de ervilha (AUSTIN & LOGDEN, 1965), e de tomate (GEORGE et al., 1978).

Por outro lado, as sementes de feijão com maior teor de fósforo, quando cultivadas em solos onde foram aplicadas doses crescentes deste elemento, são menos dependentes deste nutriente no solo (TEIXEIRA, 1995). Isto demonstra que em solos com menor disponibilidade de fósforo, a importância do conteúdo deste nutriente nas sementes pode ser relevante para o estabelecimento das plantas. Entretanto, isto não significa que as plantas originárias de sementes com alta concentração de fósforo possam prescindir de teores adequados desse nutriente no solo, pois os efeitos do fósforo no solo são maiores que o do fósforo nas sementes (TRIGO et al., 1997).

No que concerne ao teor de pigmentos houve diferenças para os teores de clorofila a, os quais foram significativamente ($p \leq 0,05$) superiores no tratamento com solução completa, sendo inferior nos tratamentos com solução com água e sem fósforo (Tabela 6). No entanto, os teores de clorofila b e clorofila total não foram influenciados pelos três tratamentos, demonstrando dessa forma, que estes não tiveram influência na formação destes pigmentos (Tabela 6).

Tabela 6 - Teor de clorofilas e carotenóides nas plântulas de alface cv.Regina, após 21 dias de cultivo em casa-de-vegetação, sob as condições nutritivas analisadas e água

Tratamentos	Clorofila a	Clorofila b mg . g ⁻¹ MF	Clorofila Total
Completa	0,25* A	0,08 A	0,28 A
Sem P	0,20 B	0,09 A	0,36 A
Água	0,21 B	0,10 A	0,30 A
CV (%)	7,19	23,15	10,00

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A presença da solução nutritiva completa e solução sem fósforo não influenciou a viabilidade das sementes de alface cv. Regina. Entretanto, a solução de nutrientes completa produziu aumentos na maioria das características de crescimento, principalmente no acúmulo de matéria seca e área foliar evidenciando sua importância para a obtenção de mudas de tamanho e qualidade uniformes.

CAPITULO 3

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) SUBMETIDAS À AUSÊNCIA DE POTÁSSIO.

INTRODUÇÃO

O conhecimento preciso do potencial fisiológico das sementes permite, principalmente para espécies onde há transplante de mudas, a obtenção de plantas de tamanho e qualidade uniformes, com reflexos no crescimento e, possivelmente, na produção final (MARCOS FILHO, 2001). Portanto, a produção de mudas e de plantas saudias depende em grande parte da utilização de sementes de boa qualidade, as quais podem ser obtidas através de uma adequada adubação mineral.

A deficiência mineral de algum elemento pode alterar o metabolismo vegetal, o que freqüentemente modifica o crescimento e o desenvolvimento da planta. Geralmente as plantas apresentam sintomas de deficiência característicos, como a redução no crescimento, clorose e até necrose dos tecidos. A deficiência de potássio é a terceira mais freqüente nos diferentes ecossistemas (MARENCO

& LOPES, 2005). Este macronutriente está presente nas plantas como o cátion K^+ desempenhando importante papel no aumento da resistência ao ataque de pragas e doenças; maior conversão do nitrogênio em proteínas; ativação de diversos processos enzimáticos envolvidos na respiração e na fotossíntese; proporciona maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para o restante da planta, promove melhor eficiência do uso da água, devido ao controle da abertura e fechamento dos estômatos, além da melhoria da qualidade comercial da planta (GARCIA , 1982).

Vários trabalhos sobre nutrição mineral em plantas foram realizados, porém a maioria para verificar os efeitos da deficiência mineral na produtividade da cultura. Entretanto, são escassos os estudos que analisam a falta de nutrientes na viabilidade e vigor das sementes, e no crescimento de plântulas.

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica das sementes e o crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L) submetidas à ausência de potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes e na casa de vegetação do Departamento de Botânica, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Pelotas.

O ensaio foi conduzido utilizando sementes de alface (*Lactuca sativa*) cv. Regina, sendo avaliados os efeitos da omissão do macronutriente potássio. Foram utilizados três tratamentos: solução nutritiva completa ½ força de Hoagland (HOAGLAND & ARNON, 1938), solução de Hoagland ½ força sem potássio e água.

As sementes foram submetidas aos seguintes testes: **teste de Germinação (TG)** - foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes distribuídas em caixas plásticas do tipo gerbox, sobre duas folhas de papel filtro umedecidas com 15 mL de cada tratamento. O teste foi conduzido no germinador a $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ e a avaliação final realizou-se aos sete dias conforme RAS (Brasil, 1992), sendo os dados expressos em porcentagem de germinação; **primeira contagem de germinação (PCG)** - realizada conjuntamente com o teste de germinação no quarto dia após a instalação do teste (BRASIL, 1992); **índice de velocidade de germinação (IVG)** – estabelecido conjuntamente com o teste de germinação, a contagem do número de plântulas germinadas foi efetuada diariamente até a estabilização;

comprimento, massa fresca (MF) e seca (MS) das plântulas – foram determinadas aos sete dias após a instalação do teste de germinação e os resultados expressos em mm/plântula e mg/plântula, respectivamente; **emergência de plântulas (E)** – experimento conduzido em casa de vegetação, utilizando bandejas de isopor de 200 células. O substrato utilizado foi areia lavada. A irrigação com as soluções nutritivas foi realizada a cada dois dias e nos intervalos utilizou-se água; **Índice de Velocidade de Emergência (IVE)** – estabelecido conjuntamente com o teste de emergência, conforme descrito por Vieira & Carvalho (1994), sendo a contagem do número de plântulas emersas efetuado diariamente até a estabilização; **Comprimento da parte aérea (PA)**, e do **sistema radicular (SR) e Massa fresca (MF) e seca (MS) da PA e SR das plântulas** – realizado em conjunto com o teste de emergência em casa de vegetação, ao final dos 21 dias após a instalação do teste de emergência das plântulas de acordo com POPINIGIS (1985), e os resultados expressos em mm/plântula e mg/plântula, respectivamente; **Condutividade elétrica (CE)** – as sementes de alface foram inicialmente embebidas por 1 hora nas diferentes soluções nutritivas e, após, lavadas com água destilada. Pesaram-se as amostras e, estas foram colocadas em copos de béquer com 80 mL de água deionizada e mantidas no germinador a temperatura de 20°C. A condutividade elétrica foi medida em condutivímetro nos tempos de três e 24 horas. Realizaram-se as leituras da condutividade das sementes em condutivímetro Digimed CD-21 e os resultados expressos em $\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente; **teor de clorofila total, clorofila a, clorofila b** – a extração de pigmentos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por ARNON (1949), aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de plântulas e quantificada conforme LICHTENTHALER (1987), sendo os resultados expressos em mg de clorofila g^{-1} MF; **área foliar** – foi determinada aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de plântulas das sementes de alface, em medidor de área foliar da marca Li-Cor 3000 e os resultados expressos em $\text{mm}^2 \text{plântula}^{-1}$; **número de folhas** – foi contado quando da medição da área foliar.

O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com três repetições estatísticas, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento com a retirada do macronutriente potássio, a avaliação inicial da qualidade fisiológica de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) foi realizada sob condições controladas empregando os testes de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG).

A alta taxa de germinação de sementes de alface foi acima de 99% (Tabela 1), independente do tratamento. Para a PCG e o IVG não houve diferenças estatísticas em sementes de alface submetidas a diferentes condições nutritivas (Tabela 1).

BHÉRING et al. (2000), trabalhando com sementes de pepino, verificaram que o teste de PCG pode ser utilizado rotineiramente para se obter informações preliminares sobre o vigor de sementes. Contudo, resultados elevados de germinação não significam necessariamente que as sementes possuem alto vigor, uma vez que o teste de germinação é conduzido em condições favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade, permitindo expressar o potencial máximo para produzir plântulas normais (MARCOS FILHO, 1999a).

Tabela 1- Efeito das diferentes soluções nutritivas e água na porcentagem de germinação (TG), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes de alface cv. Regina

Tratamentos	TG (%)	PCG (%)	IVG
Completa	99* A	93 A	28 A
Sem K	99 A	98 A	31 A
Água	99 A	98 A	27 A
CV (%)	0,84	3,07	11,00

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A massa fresca de plântulas provenientes de sementes de alface não mostrou diferenças significativas, portanto, os tratamentos analisados não influenciaram no crescimento (Tabela 2). Já a massa seca apresentou resultados significativos, onde o tratamento com omissão de potássio demonstrou valores inferiores aos outros tratamentos.

O comprimento de plântulas, tanto a parte aérea como o sistema radicular demonstraram diferenças estatísticas, sendo que em relação à parte aérea, a solução completa foi significativamente ($p \leq 0,05$) superior as soluções com omissão de potássio e com apenas água. O comprimento de plântulas do sistema radicular ocorreu o contrário, sendo que o tratamento com água apresentou comprimento de raiz superior em relação à solução completa e a solução sem potássio, em virtude da maior alocação de reservas do sistema radicular, em detrimento da parte aérea conforme mostra a razão PA/SR^{\dagger} , provavelmente a procura de nutrientes a fim de suprir as necessidades da plântula (Tabela 2).

Tabela 2 - Massa fresca (MF), massa seca (MS), comprimento da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de plântulas de alface, cv. Regina, submetidas a diferentes soluções nutritivas sete dias após a semeadura

Tratamentos	MF (mg. Plântula ⁻¹)	MS (mg. plântula ⁻¹)	PA (mm.plântula ⁻¹)	SR (mm.plântula ⁻¹)
Completa	170* A	6,0 A	49,5 A	10,3 B
Sem k	150 A	4,0 B	34,4 B	10,0 B
Água	170 A	6,0 A	32,3 B	18,8 A
CV (%)	7,97	8,16	8,30	9,24

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A condutividade elétrica em ambos os tempos (três e 24 horas) mostrou os menores valores para a água. Já, a solução completa de nutrientes foi a que apresentou maiores valores de condutividade elétrica, pois apresentou maior lixiviação de eletrólitos (Tabela 3). Segundo PESKE (1996), a integridade das membranas celulares é importante para muitas das reações bioquímicas que ocorrem no interior das células e à medida que aumenta a permeabilidade avança o estado de deterioração das sementes, conduzindo-as à lixiviação de solutos citoplasmáticos (eletrólitos) e isto é usado como um indicativo de perda do vigor.

Diante do resultado desta variável pode-se inferir que, devido ao fato desta solução conter em sua composição todos sais, algum destes sais presentes na constituição da solução nutritiva pôde ter influenciado negativamente, resultando em uma desorganização dos sistemas de membranas celulares destas sementes neste estágio, provavelmente devido à rápida embebição das sementes na solução nutritiva. Porém, os demais testes de vigor realizados neste estudo evidenciam que a solução completa de nutrientes apresentou melhor desempenho em relação aos demais tratamentos, apresentando plântulas mais vigorosas.

Tabela 3 – Condutividade elétrica (CE) de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Regina, submetidas às diferentes soluções nutritivas e água

Tratamentos	CE ($\mu\text{S m}^{-1}\text{g}^{-1}$)	
	3 horas	24 horas
Completa	3096*A	8920 A
Sem K	2653 AB	6811 AB
Água	2319 B	5694 B
CV (%)	7,39	13,88

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

As características de crescimento em casa-de-vegetação foi analisada inicialmente pela emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência (Tabela 4). As plântulas submetidas à solução completa de nutrientes apresentaram índices significativamente maiores em relação aos tratamentos com omissão de potássio e com água, o que era esperado, visto que as sementes regadas com solução completa foram supridas com todos nutrientes

indispensáveis para seu crescimento e, conseqüentemente, se mostraram mais vigorosas em relação às sementes dos outros tratamentos, permitindo a ocorrência de germinação rápida e uniforme, proporcionando melhor desenvolvimento inicial das mudas de alface (Tabela 4).

O comprimento de plântulas da parte aérea foi significativamente maior na solução completa, seguido da solução com omissão de potássio e água (Tabela 4).

O comprimento do sistema radicular de plântulas, aos 21 dias da semeadura, não mostrou diferenças estatísticas significativas entre os três tratamentos (Tabela 4). O comprimento de raiz vem sendo sugerido como parâmetro útil na avaliação da qualidade de sementes em alface (McDONALD, 2001). Porém, o método de medição manual é de difícil execução e muitas vezes afeta os resultados.

Tabela 4 - Porcentagem de emergência de plântulas (E%), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (PA) e sistema radicular (SR) das plântulas, área foliar (AF) e número de folhas (NF) por planta avaliados após 21 dias da semeadura, em casa-de-vegetação, nas soluções nutritivas analisadas e água

Tratamentos	E (%)	IVE	Comprimento (mm.plântula ⁻¹)		Área Foliar (mm ² .plântula ⁻¹)	Número de folhas.plântula ⁻¹
			PA	SR		
Completa	84* A	7,1 A	19 A	144 A	2127 A	7,3 A
Sem K	66 B	4,1 B	16 AB	126 A	663 B	5,6 B
Água	48 B	3,5 B	9 B	129 A	580 B	4,9 B
CV%	9,45	13,78	27,01	11,05	13,77	5,72

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferenças estatísticas na área foliar e no número de folhas após 21 dias da semeadura, sendo que o tratamento com solução completa evidenciou ser superior em relação aos tratamentos sem potássio e água (Tabela 4).

Resultados semelhantes a estes foram encontrados por MENEZES JÚNIOR et al., (2004) que ao avaliar o crescimento e o estado nutricional de mudas de alface sob diferentes soluções nutritivas de origem mineral e orgânica verificou que a solução mineral Castellane & Araújo (C&A) proporcionou maior concentração foliar de potássio e fósforo na massa seca do tecido vegetal e

resultou maior crescimento vegetal em relação aos demais tratamentos, sendo o pior resultado obtido para o tratamento essencialmente orgânico.

Em relação às massas frescas (MF) e seca (MS) após 21 dias de semeadura, o tratamento com solução completa foi significativamente superior em relação aos tratamentos com solução nutritiva com omissão de potássio e com água, tanto para parte aérea quanto para o sistema radicular (Tabela 5).

Rosolem & Bastos (1997), em experimento semelhante desenvolvido com solução nutritiva, omitindo nutrientes, um a um, com o objetivo de descrever as deficiências minerais no cultivar de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) IAC 22, verificaram que a deficiência de K diminui significativamente a produção de matéria seca das raízes e da parte aérea das plantas. O teor de K nas plantas do tratamento completo é considerado normal, sua falta provoca a ocorrência de níveis de P, K e S deficientes na parte aérea da planta (Rosolem & Boaretto, 1989). Da mesma forma, OLIVEIRA et al. (2001), analisando a disponibilidade de potássio em plantas de soja cultivadas em casa de vegetação, verificou que estas apresentam resposta positiva à aplicação de K, para a produção de material seco da parte aérea, tanto no florescimento quanto no final do ciclo de maturação. Entretanto, estudos onde foram analisadas as características químicas de folhas de alface cultivada sob efeito residual de um solo adubado com composto orgânico na presença ou ausência de adubo mineral, a matéria seca da parte aérea da alface não é influenciada pelas doses de composto orgânico e/ou pela presença de adubo mineral (SOUZA et al., 2005).

Por outro lado, em testes conduzidos com cinco doses de potássio aplicados via fertirrigação em cultivo de alface americana em ambiente protegido, o potássio influencia a produção da cabeça comercial da alface americana, ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o potássio promove a síntese de assimilados na planta, interferindo na divisão celular, o que possibilita o aumento de massa na alface quando os demais nutrientes estão em equilíbrio (MOTA, 1999). Também, o fornecimento de potássio na cultura de repolho proporciona um espessamento das paredes celulares externas da epiderme (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Tabela 5 - Massa fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de plântulas de alface, submetidas as diferentes soluções nutritivas e água, após 21 dias da semeadura em casa de vegetação

Tratamentos	MF (mg.plântula ⁻¹)		MS (mg.plântula ⁻¹)	
	PA	SR	PA	SR
Completa	748* A	392 A	34 A	14 A
Sem K	213 B	141 B	10 B	4,0 B
Água	248 B	137 B	13 B	4,0 B
CV (%)	11,74	16,21	9,96	17,59

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de pigmentos em plântulas de alface cv. Regina, submetidas a diferentes tratamentos, após 21 dias da semeadura não foram influenciados pelos três tratamentos: solução nutritiva completa, solução com omissão de potássio e água (Tabela 6).

Tabela 6 - Teor de clorofilas nas plântulas de alface cv.Regina, após 21 dias de cultivo em casa-de-vegetação, sob as condições nutritivas analisadas e água

Tratamentos	Clorofila a	Clorofila b mg. G ⁻¹ MF	Clorofila Total
Completa	0,22* A	0,11 A	0,36 A
Sem K	0,22 A	0,10 A	0,32 A
Água	0,20 A	0,09 A	0,31 A
CV (%)	15,64	14,74	9,80

*Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A germinação de sementes de alface cv. Regina, não foi afetada pela ausência de potássio, entretanto, as variáveis relacionadas ao crescimento de plântulas demonstraram influencia positiva da solução completa de nutrientes.

CONCLUSÃO GERAL

As utilizações de solução nutritivas completas, sem nitrogênio, fósforo e potássio não interferem na viabilidade das sementes de alface cv. Regina. No entanto, afetam o vigor estimulando o crescimento e, conseqüentemente, originando plântulas de alface mais vigorosas. Portanto, pode-se recomendar ao produtor de sementes de alface cv. Regina a adição de solução nutritiva completa por ocasião da semeadura das sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M.A.R.; SILVA, E.C., SOUZA, R.J.; CARVALHO, J.G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Revista Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras, MG, v.24, n.4, p.905-916, 2000.

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, ; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v.53, n.2, p.338-342, 1996.

ANDRADE, W.E.B.; SOUZA-FILHO, B.F.; FERNANDES, G.M.B.; SANTOS, J.G.C. Avaliação da produtividade e da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro submetidas à adubação NPK. In: **COMUNICADO TÉCNICO**. Niteroi: PESAGRO-RIO, n.248, 5p, 1999.

ARNON, D. I.; Copper enzymes in isolated chlroplast. Polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p. 1-14, 1949.

ARNON, I. **Mineral Nutrition of maize**. Bern, Internationale Potash Institute. 1975, 452p.

AUSTIN, R. B & LODGEN, P. C. The influence of the phosphorus and nitrogen nutrition of pea plants on the growth of their progeny. **Plant and soil**. 24: 359-368, 1965.

BHÉRING, M.C. et al. Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepinos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.171-175, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes (RAS)**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRITOS, E.R.A. **Estudo da importância de alguns caracteres no rendimento da soja (*Glycine Max (L). Merrill*) visando a eficiência da seleção de cultivares para o sudeste do Rio Grande do Sul**. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 1985. 75 p. (Dissertação de Mestrado).

CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B.; BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, n.3, p.617-624, 2001.

CASTRO, S.R.P.de.; FERRAZ JUNIOR, A.S.L. Teores de nitrato nas folhas e produção de alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p.65-68, 1998.

CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, E.D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L. B.; MARUBAYASHI, O.M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, n.1, p.108-115, 2003.

DOUGLAS, J.S. **Advanced guide to hidroponics: Soilless cultivation**. 5.ed. London: Pelham Books, 1985. 368 p.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras:FAEPE. 1994, 227 p.

GARCIA, L.L.C. **Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia**. São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982. 78 p. (Dissertação de Mestrado).

GEORGE, R.A.T.; STEPHENS, R.J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: **HEBBLETHWAITE, Producción moderna de semillas**. Ed Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1978. p.668-675.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.95, 2001.

HARPER, J.L.; JONES, M.; SACKVILLE-HAMILTON, N.R. The evolution of roots and the problems of analysing their behaviour. In: **ATKINSON, D. (Ed.) Plant root growth: an ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p.3-22.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soils**. California Agricultural Experimental Station, 1938, circ.347, p.1-39.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley, 1995. 464p.

IMOLESI, A.S.; PINHO, E.V.R.V.; PINHO, R. G. V., VIEIRA, M. D. G. G. C., CORRÊA, R.S.B. Influência da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p. 1119-1126, 2001.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. cap. 4, p.141-148.

LANA, M.R.Q.; JÚNIOR, L.A.Z.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado . **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, 2004.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v.148, p.350-382, 1987.

LIMA, E.V; ARAGÃO, C.A; MORAIS, O.M; TANAKA, R.; FILHO, H.G. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia agricola**. Piracicaba, v.58, n.1 , 2001

MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.758-762, 2005.

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, 1999a. cap.1, p.1-21.

MARCOS FILHO, J. **Pesquisa sobre vigor de sementes em hortaliças**. *Informativo ABRATES*, Brasília, v.11, n.3, p.63-75, 2001.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 451p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995, 889 p.

McDONALD, M.B. Improving our understanding of vegetable and flower seed quality. **Seed Technology**, v. 20, n.2, p. 121-124, 1998.

McDONALD, M. B. Imagem de plântulas. **Seed News**. Pelotas, n.6, p.18, 2001.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S . Crescimento e avaliação nutricional da alface cultivada em "NFT" com soluções nutritivas de origem química e orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22 n.3, 2004.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987, 687p.

MOTA, J. H. **Efeito do potássio através da fertirrigação na produção da alface americana em cultivo protegido**. Lavras, Mestrado em Fitotecnia, Lavras. 1999. 55p. (Dissertação de Mestrado).

MOTA, J.H.; YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; OLIVEIRA, C.M.; SOUZA, R.J.; FREITAS, S.A.C.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C. Produção de alface americana em função da aplicação de doses e fontes de fósforo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 620-622, 2003.

NADAL, R. et al. **Olericultura em Santa Catarina: aspectos técnicos e econômicos**. Florianópolis: EMPASC, 1986. 187p.

OLIVEIRA, I. P., ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica do nitrogênio **In: Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Editores ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996.

OLIVEIRA, F.A; CARMELLO, Q.A.C; MASCARENHAS; H.A. A Disponibilidade de potássio e suas relações Com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v.58 n.2, 2001.

OLIVEIRA, A.P; PEREIRA, E.L; BRUNO, R.L.A; ALVES, E.U.; COSTA, R.F; LEAL, F.R.F. Produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25 n.1, 2003.

OHSE, S. Qualidade nutricional e acúmulo de nitrato em alface. **In: SANTOS, O.S. (Ed.) Hidroponia da alface**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2000. cap. 2, p.10-24.

OSHE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P.A.; SANTOS, O.S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.181-185, 2001.

PESKE, T. Cursos de Especialização por Tutoria à Distância. **Secagem de sementes**. Modulo 6-ABEAS,1996.40p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, AGIPLAN, 1985. 289p.

ROSOLEM, C.A; BASTOS, G.B. Fertilidade do solo e nutrição das plantas. **Bragantia**. Campinas, v. 56, n.2, 1997.

ROSOLEM, C.A. & BOARETTO, A.E. Avaliação do estado nutricional das plantas cultivadas. **In: BOARETTO, A.E. & ROSOLEM, C.A., eds. Adubação foliar**. Campinas, Fundação Cargill, 1989. p.117-144.

SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.; CASALI, V.W.D.; CONDE, A.R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1395-1398, 2001.

SOUZA, F.C.A. **O vigor da semente de trigo e a sua influência na produção.** Trigo e soja, Porto Alegre, v.22, n.5-7, 1977.

SOUZA, P.A.; NEGREIROS, M.Z.; MENEZES, J.B.; BEZERRA NETO, F.; SOUZA, G.L.F.M.; CARNEIRO, C.R.; QUEIROGA, R.C.F. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.3, p.754-757, 2005.

SHEAR, C.B. Calcium related disorders of fruits and vegetables. **Hort Science**, v.10, n.4, p361-365, 1975.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Ed: Artmed, 3ª edição, São Paulo – SP, 2004. 719p.

TAO, K.J. Factors causing variation in the conductivity test for soyben seeds. **Journal of Seed Tecnology**, East Lansing, v.3, n.1, p.10-18,1978.

TEIXEIRA, M.G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*)**. Itaguaí, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1995, 205p. (Tese de Doutorado).

TEIXEIRA, I.R.; BÓREM, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta a adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.1, p. 83-88, 2005.

TERUEL, D.A; NETO, D.D; REICHARDT, J.W.H.K. Alterações estruturais do sistema radicular de soja em resposta à disponibilidade de fósforo no solo. **Scientia agricola**. Piracicaba, v.58, n.1, 2001.

TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.; VAHL, L.C.; TRIGO, M.F.O efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de sementes**, Pelotas, 19 (1): 111-115. 1997.

TSAI, C.Y.; HUBER, D.M.; WARREN, H.L. A proposed rele of zein and glutelin as N sinks in maize. **Plant Physiology**, Maryland, v.66, n.2, p.330-333, Apr. 1980.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J.A.O. **Produção de sementes de feijão**. Viçosa: EPAMIG/EMBRAPA, 1993. 131p.

VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

ZAMBON, F.R.A. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.). In: **MULLER, J. J. V.; CASALI, V. W. D. (eds.) Seminários de Olericultura**, 2.ed. 1982, p.316-348.

ZANÃO JÚNIOR, L.A . ; LANA, R.M.Q.; RANAL, M.A. Doses de nitrogênio na produção de couve-da-malásia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23 n.1, 2005.

ZANG, M.; NYBORG, M.; MCGILL, W.B. Phosphorus concentration in barley (*Hordeun vulgare* L.) seed: Influence on seedling growth and dry matter production. **Plant and soil**, 122: 79-83, 1990.

