

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DOSES DE FÓSFORO NO ACÚMULO DE NUTRIENTES, NA
PRODUÇÃO E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE ALFACE**

CRISTIAINI KANO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Novembro – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DOSES DE FÓSFORO NO ACÚMULO DE NUTRIENTES, NA
PRODUÇÃO E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE ALFACE**

CRISTIAINI KANO

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Novembro - 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

K16d Kano, Cristiaini, 1977-
Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção
e na qualidade de sementes de alface / Cristiaini Kano . -
Botucatu : [s.n.], 2006.
v, 112 f. : il., color., gráfs, tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Facul-
dade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador : Antonio Ismael Inácio Cardoso
Co-orientador : Roberto Lyra Villas Bôas
Inclui bibliografia

1. Alface. 2. Fósforo. 3. Germinação. 4. Sementes - Quali-
dade. 5. Adubação. I. Cardoso, Antonio Ismael Inácio. II.
Villas Bôas, Roberto Lyra. III. Universidade Estadual Pau-
lista "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu).Facul-
culdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: DOSES DE FÓSFORO NO ACÚMULO DE NUTRIENTES, NA PRODUÇÃO
E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE ALFACE.**

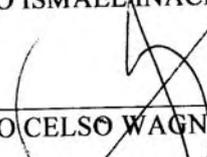
ALUNA: CRISTIAINI KANO

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS

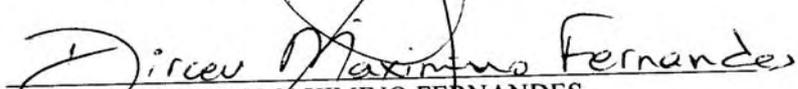
Aprovado pela Comissão Examinadora



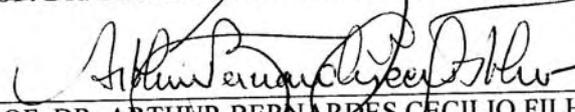
PROF. DR. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO



PROF. DR. ANTONIO CELSO WAGNER ZANIN



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



PROF. DR. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO



PROFA. DRA. SIMONE DA COSTA MELLO

Data da Realização: 06 de novembro de 2006.

Dedico

Aos meus pais

Aos meus irmãos

Ao Diogo, Edson e Lucas,

pelo carinho, compreensão, exemplos e alegrias.

AGRADECIMENTOS

A Deus...

Aos meus pais, aos meus irmãos, ao Diogo e ao Edson, pelo carinho, dedicação, compreensão, apoio e força incondicional em todos os momentos.

Ao Professor Ismael, pela amizade, orientação, paciência e exemplos de profissionalismo durante todo o período do curso, os meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Lyra, pela amizade, co-orientação, paciência e por ter despertado o meu interesse pela pesquisa durante a graduação.

À Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências Agrônomicas, pelo período de realização do curso de graduação e de doutorado.

À Coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia/Horticultura, pela oportunidade de realização deste curso e pela amizade.

Aos funcionários da Fazenda Experimental São Manuel, pela ajuda na instalação do experimento e amizade.

Ao Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, à Seção de Pós-graduação e à Biblioteca.

Aos Professores da Comissão Examinadora pelas valiosas sugestões.

Ao Prof. Dr. Emerson Rodrigues de Camargo, pelas explicações do software utilizado.

Ao Prof. Ismael e à Prof^a. Dr^a. Marta Maria Mischan, pela orientação nas análises estatísticas.

À Capes, pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos meus grandes amigos, pela sincera amizade, alegrias e força.

Aos novos amigos e colegas, pela amizade.

SUMÁRIO

1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Aspectos gerais da cultura	7
4.2 Acúmulo de nutrientes	8
4.3 Utilização de fósforo na cultura da alface	11
4.4 Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes	12
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1 Localização e caracterização da área experimental	21
5.2 Caracterização do solo	22
5.3 Tratamentos e delineamento experimental	23
5.4 Análise estatística	24
5.5 Calagem e adubação	24
5.6 Cultivar utilizada	27
5.7 Obtenção das mudas e condução das plantas	27
5.8 Características avaliadas	28
5.8.1 Épocas de coleta, análises químicas das plantas e acúmulo de nutrientes pelas plantas	28
5.8.2 Características vegetativas das plantas	30
5.8.3 Produção das sementes	30
5.8.4 Qualidade das sementes	30
5.8.4.1 Massa de mil sementes	30
5.8.4.2 Teste de germinação	31
5.8.4.3 Primeira contagem de germinação	31
5.8.4.4 Índice de velocidade de germinação (IVG)	31
5.8.4.5 Emergência em bandeja	31
5.8.4.6 Índice de velocidade de emergência (IVE)	32

5.8.5 Massa verde e massa seca da parte aérea das plântulas e das mudas obtidas a partir das sementes colhidas neste experimento	32
5.8.6 Teste de germinação sob altas temperaturas	32
5.8.7 Teste de germinação após o armazenamento das sementes em câmara seca	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1 Temperaturas observadas durante condução do experimento	34
6.2 Análise química do solo coletado no final do experimento	35
6.3 Características vegetativas em diferentes fases de desenvolvimento da cultura	36
6.3.1 Número de folhas por planta	36
6.3.2 Altura das plantas	37
6.3.3 Área foliar	39
6.3.4 Massa verde da parte aérea total das plantas	41
6.3.5 Massa seca da parte aérea total das plantas	43
6.4 Quantidade de macronutrientes acumulados na parte aérea total da planta	46
6.4.1 Macronutrientes	46
6.4.2 Micronutrientes	55
6.5 Acúmulo dos nutrientes no caule + folhas + hastes florais, nas sementes e na parte aérea total das plantas no final do ciclo em função dos tratamentos.....	64
6.5.1 Acúmulo de macronutrientes no caule + folhas + hastes florais	64
6.5.2 Acúmulo de micronutrientes no caule + folhas + hastes florais	65
6.5.3 Acúmulo de macronutrientes nas sementes	68
6.5.4 Acúmulo de micronutrientes nas sementes	68
6.5.5 Acúmulo de macronutrientes na parte aérea total da planta	71
6.5.6 Acúmulo de micronutrientes na parte aérea total da planta	71
6.6 Análise química para a diagnose foliar	74
6.7 Teores de nutrientes encontrados no caule + folhas + hastes florais e nas sementes no final do ciclo	75
6.7.1 Teor de macronutrientes no caule + folhas + hastes florais	75
6.7.2 Teor de micronutrientes no caule + folhas + hastes florais	78
6.7.3 Teor de macronutrientes nas sementes	79

6.7.4 Teor de micronutrientes nas sementes	83
6.8 Produção de sementes	86
6.9 Qualidade das sementes	88
6.9.1 Germinação sob altas temperaturas	92
6.9.2 Germinação após o armazenamento das sementes por 15 e 25 meses	93
6.10 Considerações gerais	96
7. CONCLUSÕES	97
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

1. RESUMO

Devido à escassez de informações relacionadas ao efeito da adubação na produção e qualidade de sementes de hortaliças, principalmente nas espécies que possuem aumento no ciclo com o estágio reprodutivo, nota-se a necessidade de determinar a demanda nutricional e a dose dos nutrientes para auxiliar na recomendação de adubação que proporcione a melhor produtividade de sementes de boa qualidade. Este trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental São Manuel - UNESP/FCA, São Manuel/SP, localizada à latitude sul de 22° 46', longitude oeste de 48° 34' e altitude de 740 m, no período de 25/09/03 a 19/02/04, com o objetivo de determinar as curvas de acúmulo de nutrientes e avaliar a resposta de doses de fósforo adicionados ao solo na produção e qualidade de sementes de alface cultivar Verônica. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com cinco tratamentos (0; 200; 400; 600 e 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e cinco repetições. Foram avaliadas características vegetativas das plantas, acúmulo e teor dos nutrientes no caule + folhas + hastes florais e nas sementes, a produção de sementes (massa e número) por planta e a sua qualidade (germinação e vigor). Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. Observaram-se aumento linear na massa verde e massa seca das plantas no final do ciclo, com o aumento das doses de P₂O₅. A ordem decrescente dos nutrientes acumulados pela parte aérea total das plantas de alface para a produção de sementes foi: potássio > nitrogênio > cálcio > magnésio > fósforo > enxofre > ferro > manganês > zinco > boro > cobre e nas sementes essa ordem foi: nitrogênio > fósforo > potássio > magnésio > cálcio > enxofre > ferro > zinco >

manganês > cobre > boro. O período de maior demanda da maioria dos macronutrientes foi entre o início do pendoamento e o início do florescimento e para a maioria dos micronutrientes, após o início do florescimento. Os teores da maioria dos nutrientes determinados nas sementes foram alterados pela aplicação de P_2O_5 no solo, exceto para os teores de fósforo, potássio e cálcio. As doses de P_2O_5 avaliadas resultaram em aumento linear na produção (massa e número) de sementes por planta, mas não afetaram a sua qualidade (germinação e vigor), exceto aos 25 meses após o armazenamento das sementes em câmara seca (20°C e umidade relativa de 40%), quando houve redução do vigor quanto menor a dose de fósforo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L., adubação fosfatada, acúmulo de nutrientes, germinação e vigor de sementes.

PHOSPHORUS LEVELS IN NUTRIENT ACCUMULATION AND IN LETTUCE SEED PRODUCTION AND QUALITY. Botucatu, 2006. 112p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CRISTIAINI KANO

Adviser: ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO

2. SUMMARY

Due to the lack of information about the fertilization effect in vegetable seed production and quality, mainly in the species that have an increase cycle in the reproductive stage, a need has been identified to evaluate the nutritional demand and nutrient level to aid in recommending fertilization that provides best productivity from high quality seeds. This study was carried out from September/2003 to February/2004 at São Manuel Experimental Farm UNESP/FCA, in São Manuel, São Paulo State, Brazil, at 22° 46' south latitude, 48° 34' west longitude and at an altitude of 740 m, with the objective to evaluate the nutrients accumulation curves and response of phosphorus added to the soil on the seed production and seed quality of lettuce cultivar Verônica. The experiment was conducted in randomized complete blocks, with five treatments (0; 200; 400; 600; 800 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and five replications. Plant vegetative characteristics, nutrients (accumulation and content) in stem + leaves + flower stalks and seeds, seed yield (mass and number per plant) and seed quality (germination and vigor) were evaluated. The data were submitted to variance and regression analysis. A linear increase in plant fresh mass and plant dry mass was verified at the end of the cycle along with increased P₂O₅ rates. Nutrients accumulated in the total aerial part of the lettuce plant for seed production were, in descending order: potassium > nitrogen > calcium > magnesium > phosphorus > sulphur > iron > manganese > zinc > boron > copper, while in the seeds the order was: nitrogen > phosphorus > potassium > magnesium > calcium > sulphur >

iron > zinc > manganese > copper > boron. The period with the biggest demand for majority of the macronutrients was from the beginning of the stem elongation stage to the beginning of the flowering stage and for the majority of micronutrients, after the beginning of the flowering stage. P₂O₅ levels added to the soil altered contents of the majority seed nutrients, with exception of phosphorus, potassium and calcium contents. The P₂O₅ levels evaluated increased seed production linearly per plant (mass and number) but did not affect the seed quality (germination and vigor), with the exception of seeds stored in a dry chamber room (20°C and 40% of relative umidity) for twenty-five months, with reduction in seed vigor in the lesser phosphorus level.

Keywords: *Lactuca sativa* L., phosphorus fertilization, nutrients accumulation, seed germination, seed vigor.

3. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma área plantada de 776,8 mil hectares de hortaliças, gerando em torno de 16 mil toneladas de produto final, sendo para isso necessário um volume considerável de sementes das diferentes espécies olerícolas. Ao redor de 8 a 10 milhões de pessoas dependem da olericultura, que, somente na cultura da alface, gera cerca de cinco empregos diretos por hectare, abrigando em torno de 150 mil trabalhadores rurais na cadeia (PONTES, 2006).

A produção de sementes de alface no Brasil se concentra principalmente na região Nordeste e Norte de Minas Gerais. Os principais fatores que favorecem tal produção nestas localidades estão relacionados à presença de estação de seca definida, baixa umidade relativa do ar e alta insolação. Apesar das condições climáticas favoráveis, tem-se a limitação da fertilidade dos solos brasileiros, especialmente quanto ao fósforo, pois são caracterizados pelo elevado grau de intemperização, ricos em óxidos de ferro e alumínio, os quais podem fixar o fósforo, deixando-o na forma não disponível às plantas, podendo desfavorecer a obtenção de elevadas produções de sementes com alta qualidade.

Há relatos de que plantas adubadas de forma adequada e equilibradas apresentam condições de produzir maior quantidade de sementes, aliada à melhor qualidade, por resistirem com mais facilidade às adversidades durante o período de produção (SÁ, 1994). No entanto, Delouche (1980) comenta que as plantas desenvolveram uma extraordinária capacidade de ajustar a produção de sementes aos recursos disponíveis. A resposta típica de

plantas à baixa fertilidade do solo ou à falta de água é a redução na quantidade de sementes produzidas, alteração de algumas características físicas das sementes e só depois na qualidade. As poucas sementes produzidas sob condições marginais são usualmente tão viáveis e vigorosas como aquelas produzidas sob situações mais favoráveis. Do ponto de vista evolucionário, o ajuste da produção de sementes aos recursos disponíveis tem um alto valor para a sobrevivência. As poucas sementes de alta qualidade teriam igual ou maior chance de germinar e desenvolver-se em condições adversas.

Embora existam estudos sobre nutrição e recomendações de adubação para o cultivo comercial de alface e de outras hortaliças, raramente se encontram trabalhos que abordem os efeitos dos nutrientes na produção de sementes e, principalmente, na qualidade fisiológica das mesmas. Isso se torna importante, pois, as quantidades de fósforo e dos demais nutrientes utilizadas podem ser diferentes daquelas empregadas para a produção comercial, uma vez que a cultura apresenta um ciclo de desenvolvimento muito maior e provavelmente uma extração de nutrientes maior em relação ao cultivo comercial.

O fósforo é essencial para boa formação de sementes e frutos. Na semente, juntamente com outros nutrientes, é armazenado nos sais do ácido fítico, constituindo a fitina, a qual durante a germinação, é degradada ocorrendo a liberação desses nutrientes para serem utilizados no desenvolvimento do embrião e da plântula. Sua deficiência geralmente provoca atraso no florescimento e no número de sementes e frutos. Além disso, estimula o desenvolvimento radicular e participa de um grande número de compostos das plantas, essenciais em diversos processos metabólicos (MALAVOLTA, 1980; COPELAND & MCDONALD, 1995; LOTT et al., 1995).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a demanda nutricional e a influência de doses de fósforo na produção e qualidade de sementes de alface.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos gerais da cultura

A alface (*Lactuca sativa* L.) originou-se de espécies silvestres que ainda são encontradas em regiões com clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental. Pertence à família Asteraceae e é uma planta anual que floresce sob dias longos e temperaturas altas. Dias curtos e temperaturas amenas ou baixas favorecem a etapa vegetativa do ciclo (FILGUEIRA, 2003).

É uma hortaliça folhosa, herbácea, com caule diminuto e não ramificado, ao qual se prendem as folhas que são amplas, e crescem em roseta em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma “cabeça” com coloração em várias tonalidades de verde, dentre outras cores. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, que explora apenas os primeiros 25 cm do solo, quando a cultura é transplantada (FILGUEIRA, 2003).

A inflorescência é uma panícula composta por muitos capítulos. Cada capítulo contém vários floretes, normalmente de 12 a 20. O florete apresenta uma única pétala amarela, envolvida por brácteas imbricadas que formam um involúcro, possui cinco estames soldados que formam um tubo. O estilete é bifurcado no ápice e o ovário contém um único óvulo; com isso, cada florete origina uma única semente que, botanicamente, é um fruto, um aquênio (VIGGIANO, 1990; RYDER, 1999).

Alguns trabalhos demonstram que o florescimento é influenciado tanto pela temperatura, quanto pelo fotoperíodo. A temperaturas acima de 20°C verificou-se aumento do estímulo para o pendoamento da alface, da intensidade de desenvolvimento da planta, da maturação e da produção de sementes por planta. Torna-se tolerante ao calor após o seu florescimento e a temperatura ideal durante o florescimento e o período de maturação das sementes é por volta de 26-32°C. Dias longos associados a temperaturas altas aceleram o ciclo dessa planta (SHINOHARA, 1984; ROUSOS, 1988; VIGGIANO, 1990).

Gray et al. (1988) verificaram que quando as sementes de alface foram produzidas sob condições de temperaturas altas (30/20°C dia/noite), resultou em menor produção de sementes e produção de sementes menores do que quando cultivadas em temperaturas de 25/15°C. Sob condições de frio (20/10°C), a produção de sementes foi reduzida, mas as sementes obtidas foram 63% maiores do que a 25/15°C.

O estresse hídrico também pode resultar na diminuição da produção de sementes, em especial quando isso ocorre durante a fase reprodutiva da planta. Izzeldin et al. (1980), ao avaliarem a influência do estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas de alface para a produção de sementes, verificaram que as maiores produções de sementes foram obtidas quando as plantas foram submetidas a estresse hídrico moderado durante a fase vegetativa, mas, seguida pela quantidade de água adequada após o início do florescimento.

4.2 Acúmulo de nutrientes

Nos últimos anos, os produtores, entre outros aspectos, têm procurado aumentos na produtividade com redução nos custos de produção. Para isso, é necessário que as práticas culturais relacionadas aos tratamentos fitossanitários e às adubações sejam realizadas com eficiência, sem desperdício.

O uso de curvas de acúmulo de nutrientes para as diversas cultivares de hortaliças, como um parâmetro para a recomendação da adubação, mostra-se como uma boa indicação da necessidade de nutrientes em cada etapa de desenvolvimento da planta; contudo, essas informações são ainda bastante limitadas (VILLAS BÔAS et al., 2001).

O conhecimento do conteúdo de nutrientes nas plantas, principalmente da parte colhida, é importante para se avaliar a remoção desses nutrientes da área de cultivo, tornando-se um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes minerais na massa de material seco, porém existem grandes diferenças entre as espécies, e as quantidades totais exigidas por uma cultura dependem da produtividade. Por outro lado, a absorção de nutrientes é diferente, de acordo com a fase de desenvolvimento da planta, intensificando-se com o florescimento e a frutificação (HAAG & MINAMI, 1981; VITTI et al., 1994; RAIJ et al., 1996).

As hortaliças se diferenciam nas exigências nutricionais e no padrão de absorção durante o crescimento. Em geral, a absorção de nitrogênio, fósforo e potássio segue a mesma tendência que a taxa de acúmulo de biomassa da cultura. As hortaliças folhosas, como a alface, apresentam lenta absorção de nutrientes durante a primeira metade do ciclo de cultivo, sendo que o índice de absorção de nutrientes acelera-se próximo à colheita (PAPADOPOULOS, 1999).

Existem algumas informações a respeito das exigências minerais da alface cultivada em campo, como o trabalho desenvolvido por Grangeiro et al. (2006), que ao avaliarem o acúmulo de nutrientes em três cultivares de alface verificaram que a cultivar Verônica acumulou 0,33 g planta⁻¹ de potássio; 0,24 g planta⁻¹ de nitrogênio; 0,11 g planta⁻¹ de fósforo; 0,10 g planta⁻¹ de magnésio e 0,05 g planta⁻¹ de cálcio, sendo observada maior demanda para o nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio no período entre o 22º e o 27º dia após o transplante e para o cálcio, entre o 17º e o 22º dia, em um período de 27 dias após o transplante.

Resultado semelhante foi obtido por Agapito et al. (1997) ao avaliarem o acúmulo de nutrientes por quatro cultivares de alface, em que verificaram que a maior absorção de nitrogênio ocorreu na 4ª semana após o transplantio para todas as cultivares e a de fósforo, cálcio e magnésio, na 6ª semana. A ordem decrescente da extração dos macronutrientes obtida nesse trabalho foi: potássio > nitrogênio > fósforo > cálcio > magnésio. Quanto aos micronutrientes, a ordem decrescente da extração foi: ferro > manganês > zinco > cobre, com a máxima absorção ocorrida na 5ª semana após o transplantio.

Cézar (2005), ao avaliar diferentes fontes de fósforo na cultura da alface crespa 'Verônica', verificou que com o uso de superfosfato triplo a quantidade de fósforo acumulada pela parte aérea foi 31,76 mg de P por planta.

Beninni (2002), ao avaliar a concentração e o acúmulo de macronutrientes em alface cultivar Verônica, cultivada em sistemas hidropônico e convencional, verificou que, no ponto de colheita, a parte aérea das plantas cultivadas no sistema convencional apresentou concentração de: 38,24; 5,74; 78,33; 12,23; 3,11 e 3,87g kg⁻¹ e acúmulo de: 372,78; 56,11; 765,84; 119,05; 30,46 e 37,81 mg planta⁻¹ respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S, demonstrando para ambos os resultados que a ordem decrescente dos macronutrientes encontrados foi: potássio > nitrogênio > cálcio > fósforo > enxofre > magnésio.

Quando se objetiva a produção de alface, nota-se que a planta apresenta a seguinte ordem decrescente do teor de nutrientes nas folhas: potássio > nitrogênio > cálcio > fósforo ≈ magnésio > enxofre > ferro > manganês > zinco > boro > cobre > molibdênio (RAIJ et al., 1996).

Premuzic et al. (1995) avaliaram o conteúdo de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio pela alface cultivar Wonder, em intervalos de 5 a 8 dias, do 30º ao 66º (colheita) dia após a semeadura e verificaram um maior incremento da absorção entre o 59º e o 66º dia.

Levantamento realizado por Ferreira et al. (1993) com outros trabalhos realizados em algumas cultivares de alface (Brasil 48, Clause's Aurélia e Vitória de Santo Antão), demonstraram que a ordem decrescente da extração dos nutrientes foi: potássio > nitrogênio > cálcio > fósforo > magnésio > enxofre.

Alguns estudos sobre o acúmulo de nutrientes pela alface cultivada em hidroponia também foram realizados por Fernandes et al. (2002), Lopes et al. (2003) e por Conversa et al. (2004). No entanto, percebe-se a falta de informações sobre a curva de acúmulo de nutrientes para plantas de alface destinadas à produção de sementes, em que ocorre, nesse caso, aumento do ciclo da planta e, provavelmente, aumento na demanda por nutrientes por entrar na fase reprodutiva.

4.3 Utilização de fósforo na cultura da alface

Para a cultura da alface, embora existam trabalhos que envolvam o efeito do fósforo na produtividade e nas características de crescimento dessa planta, os trabalhos de pesquisas mostram que a quantidade de fósforo recomendada é bastante variada. Filgueira (2003) comenta que experimentalmente, têm sido obtidas maiores respostas em aumento de produtividade às aplicações de fósforo e de nitrogênio do que de potássio, lembrando da importância do fornecimento de cálcio.

No Estado de São Paulo, Raij et al. (1996) recomendam para produção de alface, a quantidade de 400; 300 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quando o teor de P_{resina} no solo (em mg dm⁻³) for de 0 a 25; de 26 a 60 e maior que 60, respectivamente, recomendação semelhante à indicada por Filgueira (2003) que cita a dose de até 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Arruda Júnior et al. (2005), em Pernambuco, ao avaliarem a resposta de doses de fósforo (0; 3; 6; 9; 20; 30 e 40 mg dm⁻³) aplicadas no solo, com teor de 2 mg dm⁻³ de P_{resina}, na produtividade e no teor de fósforo na planta de alface crespa 'Cacheada', obtiveram a maior produção de massa seca (4,35 g planta⁻¹) e o maior teor desse nutriente (4,6 g kg⁻¹) na dose mais alta.

Bebé et al. (2005) obtiveram, para a cultivar Grand Rapids cultivada no campo, na Bahia, a maior massa fresca da planta inteira, folha, caule, raiz e área foliar na dose de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ao avaliarem doses de 0; 150; 300 e 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅, no solo com teor inicial de 16 mg dm⁻³ de P.

Rodrigues & Casali (1999), em um estudo sobre adubação orgânica e mineral na alface cultivar Babá de Verão, observaram maior produtividade com o uso da dose equivalente a 495 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em um solo com teor inicial de 1 dag kg⁻¹ de P_{Mehlich}.

Nicoulaud et al. (1990) também obtiveram resposta linear quanto ao rendimento de massa seca da alface tipo repolhuda lisa ao avaliarem doses de 0 a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em um solo com teor inicial de 5,5 mg dm⁻³ de P_{Mehlich}, indicando que essas doses não foram suficientes para se obter o rendimento máximo. Em estudo sobre o efeito de fontes e doses de fósforo (0; 300; 600 e 900 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na produção de alface americana, Mota et al. (2003) obtiveram maior produtividade total e comercial na dose de 672 e 617 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente, em um solo com teor inicial de 12 mg dm⁻³ de P_{resina}.

Experimentos conduzidos na primavera e no inverno nos Estados Unidos, com alface americana, avaliando-se doses que variaram de 0 a 1376 kg ha⁻¹ de P₂O₅ indicaram produção comercial máxima na dose de 656 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na primavera, e 979 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no inverno (MCPHARLIN et al., 1996; MCPHARLIN & ROBERTSON, 1997). Já Sanchez & El-Hout (1995), ao avaliarem a resposta de diversos tipos de alface à adubação fosfatada (que foram de: 0; 115; 230; 460; 690 kg ha⁻¹ de P₂O₅, no período de 1990 a 1992, na Flórida, em solo com teor de P_{water-extractable} variando de 0,5 a 4 g m⁻³), verificaram que as condições ambientais afetaram o potencial de produção e que esta variou entre os tipos de alface estudados, mas que a necessidade de fósforo foi de até 690 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para a máxima produção.

Nagata et al. (1992) conduziram experimentos no período de 1988 a 1990, também nos Estados Unidos, para avaliarem a resposta de seis cultivares de alface americana à adubação fosfatada, que consistiu de doses que variaram de 0 a 917 kg ha⁻¹ de P₂O₅, em solo com teor médio de 7,5 mg dm⁻³ de P_{water-extractable}. Obtiveram resposta linear para a maioria das cultivares quanto à produção total e comercial. Sanchez et al. (1989) verificaram resposta na produtividade de alface americana para até 1147 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Claassens (1994), na África, ao avaliar a quantidade de fósforo na produção de três cultivares de alface, em um solo com teor de 11,6 mg dm⁻³ de P, verificou que a produção máxima foi obtida com o fornecimento de 540 mg dm⁻³ de P_{Bray II}, sendo que doses maiores diminuíram a produção.

Pode-se observar pelos trabalhos citados que em relação à adubação fosfatada, sem considerar o tipo de alface, e o local do experimento, as respostas são variáveis de acordo com o tipo de solo e a disponibilidade desse nutriente no solo a qual depende do extrator utilizado na metodologia para determinação do fósforo. Dos trabalhos apresentados, nenhum teve como objetivo a produção de sementes, portanto, como a extração de nutrientes aumenta com o ciclo, é de se esperar resposta a doses mais altas.

4.4 Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes

O estabelecimento adequado do estande está relacionado ao uso de sementes capazes de germinar uniforme e rapidamente, sob ampla variação das condições

ambientais. A rapidez é muito importante porque permite o desenvolvimento das plantas sob as condições ambientais mais favoráveis e reduz o nível de exposição a fatores adversos (MARCOS FILHO, 2001).

Dessa maneira, o conhecimento do potencial fisiológico das sementes permite, para espécies em que se realiza a semeadura direta e principalmente em que a condução da cultura comercial envolve o transplante de mudas, que estas estejam com tamanho e qualidade uniformes, com reflexos no desenvolvimento das plantas e, possivelmente, na produção final, principalmente no caso das hortaliças em razão do custo relativamente alto das sementes e da mão-de-obra exigida durante a condução da cultura (MARCOS FILHO, 2001).

Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes destacam-se a origem da semente, a adubação, as condições climáticas na fase da maturação e colheita, o tipo de colheita, a secagem, as condições de armazenamento, a sanidade do campo de produção, entre outros. Contudo, segundo Sá (1994), até então poucas pesquisas haviam sido realizadas visando verificar as relações existentes entre fertilidade do solo, nutrientes fornecidos às plantas e qualidade das sementes produzidas.

Plantas adubadas de forma adequada e equilibrada apresentam condições de produzir maior quantidade de sementes, aliada à melhor qualidade, por resistirem com mais facilidade às adversidades durante o período de produção. O aspecto nutricional das plantas afeta o tamanho, a massa e o vigor das sementes, sendo que em muitos casos estes efeitos estão ligados à permeabilidade e integridade das membranas dos tecidos, onde os nutrientes atuam como ativadores enzimáticos ou constituem essas membranas (SÁ, 1994).

Carvalho & Nakagawa (2000) também ressaltam que a nutrição tem muita influência no desenvolvimento da planta, pois uma planta bem nutrida está em condições de produzir um maior número de sementes viáveis. No início da fase reprodutiva, a exigência nutricional para a maioria das espécies torna-se mais intensa, sendo mais crítica por ocasião da formação das sementes, quando considerável quantidade de nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, são para elas translocada.

A disponibilidade de nutrientes está relacionada à boa formação do embrião e do órgão de reserva, assim como à sua composição química e, conseqüentemente, ao metabolismo e vigor da semente. Considerando-se que o tamanho da semente influencia na

sua qualidade, pode-se concluir que a adubação resulta num efeito indireto devido ao aumento ocasionado no tamanho ou na massa da semente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

O fósforo e o nitrogênio podem afetar a qualidade fisiológica da semente, mas os seus efeitos variam em função da espécie, das condições ambientais, bem como do estágio de desenvolvimento da planta em que a aplicação do fertilizante é realizada (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Sá (1994) destaca, além da resposta positiva do nitrogênio e do fósforo na qualidade de sementes, o cálcio, o magnésio, o boro e o zinco.

O ácido ortofosfórico, H_3PO_4 , dá por dissociação três espécies iônicas, que podem ser absorvidas pelas plantas, dependendo do pH do meio: $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} . Na faixa de pH de 4 a 8, onde as plantas se encontram, predomina o $H_2PO_4^-$, o qual é encontrado em maiores quantidades em pH abaixo de 6,0 (solos ácidos, predominantes no Brasil). O íon HPO_4^{2-} ocorre em maiores proporções a valores de pH acima de 6,0 (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991).

O fósforo, em quantidades adequadas, estimula o desenvolvimento radicular. É essencial para a boa formação de sementes e frutos e participa de inúmeros compostos das plantas, essenciais em diversos processos metabólicos. Está presente, também, nos processos de transferência de energia e o seu suprimento adequado, desde o início do desenvolvimento vegetativo, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas. A deficiência de fósforo geralmente provoca atraso no florescimento e redução no número de sementes e frutos (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991).

Na semente, o fósforo (juntamente com o magnésio, potássio, cálcio, ferro, manganês e zinco) é armazenado nos sais do ácido fítico, constituindo a fitina, acumulada a partir da polinização. Por meio da enzima fitase, ativada durante o processo de germinação, ocorre a liberação desses nutrientes, novamente, para serem utilizados no desenvolvimento do embrião e da plântula, sendo o fósforo incorporado aos lipídios da membrana e aos ácidos nucléicos. A composição química das sementes varia conforme a espécie e também entre as cultivares. Dentre os fatores que podem influenciar a sua composição, estão a fertilidade do solo, disponibilidade de água, temperatura e os tratamentos culturais (MALAVOLTA, 1980; COPELAND & MCDONALD, 1995; MARSCHNER, 1995; LOTT et al., 1995).

Trabalhos em que se procura relacionar a adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes à qualidade fisiológica das sementes são em menor número, e os resultados nem sempre são concordantes.

Para a produção de sementes de alface, Viggiano (1990) recomenda que o pH do solo esteja entre 6,0 a 6,5 e o uso de 90 a 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em solos de alta a baixa concentração de fósforo respectivamente. Já George (1999) cita a recomendação de que a relação N:P:K seja 3:2:2 e o pH, 6,5.

A resposta positiva do efeito da adubação na produção de sementes de alface crespa 'Verônica' pôde ser verificada em trabalhos em que foram testadas doses de potássio (0; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 g planta⁻¹ de K₂O), obtendo-se aumento na produção com o aumento das doses, ajustando-se ao modelo linear, no entanto, sem influenciar a qualidade das sementes (KANO et al., 2006).

Carvalho (1978), com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade de sementes de alface crespa, verificou que essa adubação não afetou a qualidade e nem a produção de sementes. O autor atribuiu essa resposta, quanto à produção, possivelmente, devido ao fato do experimento ter sido conduzido em solo de alta fertilidade.

Resultado semelhante foi obtido por Smith (1977), citado por Sá (1994), que ao estudar o efeito do nitrogênio e do potássio na germinação das sementes produzidas em alface, concluiu que as observações realizadas não evidenciaram efeito desses nutrientes na germinação delas.

Soffer & Smith (1974a), ao avaliarem plantas cultivadas em hidroponia (com três concentrações de nitrogênio) e em solos irrigados com solução nutritiva de Hoagland em vários intervalos, que constituíram em cinco níveis de fertilidade do solo (14, 20, 33, 50 e 100% da solução nutritiva aplicada), concluíram que o aumento no nível de fertilidade do solo aumentou a produção de sementes de alface, porém, não ocasionou aumento correspondente no vigor avaliado pelo desempenho da plântula. Já em hidroponia, obtiveram correlação positiva linear entre as concentrações de nitrogênio e a produção de sementes, massa das sementes e vigor da plântula.

Harrington (1960), ao cultivar plantas de alface, cenoura e pimenta em solução completa de nutrientes e sob deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio,

verificou que a produção de sementes foi reduzida nos tratamentos de deficiência desses nutrientes. Já a porcentagem de sementes normais foi reduzida nos tratamentos com deficiência de nitrogênio, potássio e cálcio, porém não no tratamento com deficiência de fósforo.

Thompson (1937) observou o efeito da adubação NPK em experimentos conduzidos em vasos sobre a qualidade de sementes de três cultivares de alface. Em dois anos de trabalho verificou que as sementes provenientes de plantas adubadas apresentaram germinação significativamente superior à da testemunha. Além disso, para uma das cultivares, o número de sementes dormentes foi influenciado pela quantidade e época de fornecimento do adubo, sendo que, à medida que se aumentou a dose, ampliou-se a germinação das sementes produzidas, conseqüentemente diminuindo o número de sementes dormentes.

Pela literatura consultada, não foi possível encontrar informações referentes à influência do fósforo na produção e qualidade das sementes de alface. Com isso, procurou-se reunir trabalhos de pesquisa sobre a importância desse nutriente para outras espécies.

Estudos demonstraram que com o fornecimento de fósforo nas plantas de ervilha, soja e trigo destinadas à produção de sementes, ocorreu aumento da concentração de fósforo na semente, melhorando sua qualidade. Sementes com baixa concentração de fósforo originaram plantas menores que as obtidas de sementes com concentração considerada não deficiente (COPELAND & MCDONALD, 1995).

Para cebola, Nwadukwe & Chude (1995), ao avaliarem quatro doses de fósforo (0; 25; 50 e 75 kg ha⁻¹ de P) e cinco doses de nitrogênio (0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹ de N), obtiveram um efeito significativo da adubação na massa de sementes por umbela e na produção de sementes, mas não influenciaram a massa de 1000 sementes. Bokshi et al. (1989), ao estudarem, também em cebola, as doses de 0; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de N, verificaram que a maior produção de sementes e a melhor porcentagem de germinação (83,7%) foram obtidas na maior dose, tanto de fósforo como de nitrogênio.

Para cenoura, Desai et al. (1997) citam a menor influência do fósforo na produção de sementes, tendo o maior efeito o nitrogênio, observado ao comparar doses de 0; 50 e 150 kg ha⁻¹ de N, em que a maior produção foi obtida na maior dose. Já Ahmed et al.

(1989), ao estudarem doses de fósforo (que variaram de 0 a 90 kg ha⁻¹) e de nitrogênio (0 a 120 kg ha⁻¹ de N), obtiveram a maior produção na maior dose de nitrogênio, mas concluíram que as quantidades de fósforo utilizadas não afetaram a produção de sementes de cenoura. Austin & Longden (1966), ao estudarem os efeitos das adubações fosfatada, nitrogenada, potássica e orgânica, em cenoura, verificaram que os tratamentos com adubações afetaram significativamente a produção de sementes, porém, não tiveram efeitos sobre a germinação.

Na cultura de coentro, Satpal & Jat (2002), ao avaliarem o efeito de cinco doses de fósforo (0; 15; 30; 45 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅), e de quatro doses de zinco (0; 2; 4 e 6 kg ha⁻¹ de Zn), verificaram aumento na massa seca da planta, no número de umbelas por planta, no número de sementes por umbela e na produção de sementes com o aumento da dose de fósforo fornecida.

Em couve-flor, Jamwal et al. (1995), com o objetivo de verificar a influência de quatro doses de fósforo (que variaram de 0 a 150 kg ha⁻¹) e de nitrogênio (0 a 262 kg ha⁻¹ de N) na produção de sementes, obtiveram resposta linear quanto ao fósforo e aumento na produção com a aplicação de até 175 kg ha⁻¹ de N.

Para a couve-chinesa também se verificou aumento na produção de sementes por planta em função da adubação fosfatada e do uso de potássio (SHARMA, 1995a). Segundo observações realizadas por Iwata & Eguchi (1958), citados por Sá (1994), níveis baixos de fósforo no solo reduziram a produção, o tamanho das sementes e o vigor das plântulas, mas não afetaram a germinação total.

Na cultura de mostarda, experimentos conduzidos no período de 1990 a 1996 para avaliar a resposta dessa planta à adubação com fósforo e com enxofre nas doses, que variaram de 0 a 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de S, indicaram que o número de ramos e de síliquas por planta, comprimento da síliqua, número de sementes por síliqua e peso de 1000 sementes aumentaram significativamente com o aumento da dose de fósforo e enxofre fornecida. A aplicação de fósforo aumentou significativamente a produção de sementes em relação à testemunha (JAGGI, 1998; CHAUBEY et al., 2001).

Sharma (1997), ao avaliar três doses de fósforo (137; 275 e 412 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e de potássio (72; 145 e 217 kg ha⁻¹ de K₂O) na produção de sementes de rabanete, verificou o efeito positivo dessa adubação na altura da planta, no número de ramos por planta e na produção de sementes.

Em pimentão, Silva et al. (1971), ao estudarem o efeito de doses crescentes de adubação com formulado NPK e de espaçamento na produção de sementes, obtiveram aumento da produção de sementes (total por planta e por fruto) com o aumento da adubação, no entanto, a porcentagem de germinação das sementes não foi influenciada. Thiagarajan (1990) também obteve aumento na produção de sementes de pimenta com o fornecimento de fósforo e nitrogênio quando comparada com a testemunha.

Para tomate, Seno et al. (1987), ao avaliarem doses de fósforo (0; 200; 400 e 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e de potássio (0; 60; 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O) em esquema fatorial, verificaram que o maior número de sementes por fruto foi obtido na maior dose de fósforo (ajustado pelo modelo linear). Já a maior porcentagem de germinação e o maior vigor das sementes foram obtidos na menor dose de fósforo. Quanto ao potássio, não foi verificado nenhum efeito significativo, provavelmente, segundo os autores devido ao alto teor desse elemento no solo utilizado. Sharma (1995b) verificou que, com o aumento da concentração de fósforo e nitrogênio fornecida no solo, aumentou a altura da planta, o número de frutos e a produção de sementes por planta.

Na cultura do quiabeiro, Oliveira et al. (2003a), ao estudarem doses de fósforo (0; 100; 200; 300 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na produção de sementes, obtiveram uma resposta quadrática, com a máxima produção sendo obtida com 258 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para essa mesma cultura, Zanin & Kimoto (1980) também verificaram aumento na produção de sementes com o aumento da adubação NPK, porém sem influenciar no vigor das sementes. Chattopadhyay & Sahana (2000), ao avaliarem doses de fósforo (0; 92; 137 e 183 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e de nitrogênio (0; 60; 80; 100 e 120 kg ha⁻¹ de N) na produção e qualidade de sementes, verificaram aumento na produção de sementes de quiabo com o aumento da quantidade de fósforo e de nitrogênio fornecida, mas não influenciaram significativamente na porcentagem de germinação e na massa de 100 sementes. Bhai & Singh (1998) também obtiveram aumento na produção de sementes, na altura da planta e no número de nós por planta em função da aplicação de três doses de fósforo (50; 70 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

Para feijão-fava, Oliveira et al. (2003b) verificaram que a produção de sementes ajustou-se ao modelo quadrático em função das doses de P₂O₅ utilizadas (0; 100; 200; 300; 400 e 500 kg ha⁻¹ de P₂O₅), sendo a máxima produção obtida na dose de 303 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Na cultura da ervilha, trabalhos realizados demonstraram em um experimento que o uso de doses de 0 a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaram aumentos significativos no número de vagens por planta, na produção total de massa seca da planta, no peso de 100 sementes e na produção de sementes (UDDIN et al., 2001). Em outro experimento, o aumento na aplicação de fósforo não teve efeito na germinação, mas aumentou o vigor das sementes avaliado pela massa seca da planta e indicou resposta diferente de algumas cultivares de ervilha quanto ao vigor das sementes (SHUKLA & KOHLI, 1991). Já Austin (1966) e Peterson & Berger (1950) não obtiveram diferença na germinação com diferentes doses de fósforo. Pachauri et al. (1988), ao avaliarem combinações de doses de fósforo (0; 75 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), de nitrogênio (0; 37,5 e 75 kg ha⁻¹ de N) e de potássio (0; 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O), verificaram que a maior produção de sementes foi obtida na parcela onde a relação N: P₂O₅: K₂O foi de 75:150:50 kg ha⁻¹, isto é, na maior dose de fósforo avaliada.

Pendentlon (1954), citado por Sá (1994), observou que a adubação com fósforo e nitrogênio beneficiou a germinação das sementes de beterraba.

Com relação às grandes culturas, a influência positiva da adubação na produção de sementes também foi verificada para algodão por meio da adubação fosfatada e também pela aplicação foliar de zinco e de cálcio (MALIK et al., 1992; SAWAN et al., 2001), para trigo cultivado em solução nutritiva nas concentrações de 10 a 30 mg L⁻¹ de P em que também se verificou aumento no vigor da plântula e na porcentagem de germinação de sementes (MODI, 2002). No feijoeiro, na cultura do amendoim, no girassol e na aveia-preta a adubação fosfatada favoreceu a produtividade de sementes sem afetar a qualidade delas (NAKAGAWA et al., 1980; LOUBSER & HUMAN, 1993; MARUBAYASHI et al., 1994; NAKAGAWA et al., 2001a; ZUCARELI, 2005). Vieira et al. (1987) verificaram que doses crescentes de fósforo e de potássio não influenciaram na germinação e no vigor de sementes de soja. Já Fornasieri Filho et al. (1988) ao avaliarem cinco doses crescentes de fósforo e três de zinco, verificaram resposta positiva na qualidade de sementes de milho pipoca, sendo a maior dose de fósforo a que possibilitou sementes de melhor qualidade fisiológica.

De modo geral, é possível observar pelos trabalhos citados que a adubação pode influenciar positivamente na produção de sementes, sendo, geralmente, explicado devido ao melhor desenvolvimento das plantas (características vegetativas)

proporcionado pela adubação. No entanto, as respostas quanto à sua influência na qualidade das sementes, quando avaliada, nem sempre são concordantes e, em geral, as explicações na melhora da qualidade, quando discutidas, se resumem devido ao aumento na massa da semente, considerando que, quanto maior o tamanho da semente, mais vigorosa é a semente, e às próprias funções que cada nutriente exerce na planta, seja estrutural, como constituinte de enzima, seja atuando como ativador enzimático.

Delouche (1980) comenta que as plantas desenvolveram uma extraordinária capacidade de ajustar a produção de sementes aos recursos disponíveis. A resposta típica de plantas à baixa fertilidade do solo ou à falta de água é a redução na quantidade de sementes produzidas e só depois há redução na qualidade. As poucas sementes produzidas sob condições marginais são usualmente tão viáveis e vigorosas como aquelas produzidas sob situações mais favoráveis. Do ponto de vista evolucionário, o ajuste da produção de sementes aos recursos disponíveis tem um alto valor para a sobrevivência. As poucas sementes de alta qualidade teriam igual ou maior chance de germinar e desenvolver-se em condições adversas. Há também relatos de que o efeito da nutrição das plantas na qualidade da semente possa ser observado só após algum período de armazenamento das sementes (ZUCARELI, 2005).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área experimental

Este trabalho foi desenvolvido no período de 30/10/03 a 19/02/04, na Fazenda Experimental São Manuel, localizada no município de São Manuel - SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu/SP. As coordenadas geográficas da área são: 22° 46' de latitude sul, 48° 34' de longitude oeste e altitude de 740 m.

O clima da região de São Manuel - SP, conforme os critérios adotados por Köppen, baseado nas observações meteorológicas é Cfa (Clima Temperado (Mesotérmico), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C).

A temperatura média do mês mais quente é 23,8°C e a do mês mais frio é 17,5°C, com uma temperatura média anual de 21°C e total médio de precipitação pluvial anual de 1445 mm, (média de 27 anos) (informações obtidas junto ao Departamento de Recursos Naturais – Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP).

Os dados de temperatura máxima, média e mínima foram coletados diariamente durante a realização do experimento e obtidos por meio de termômetros de máxima e mínima temperatura do ar, situados dentro das estufas na altura das plantas.

As plantas foram conduzidas em estufas com 20 m de comprimento, largura de 7 m e pé-direito de 2,5 m, com altura de 3,8 m na sua parte mais alta.

A extração, limpeza e análises de qualidade das sementes foram realizadas no Departamento de Produção Vegetal – Setor Horticultura, FCA/UNESP, Fazenda Lageado, Botucatu/SP.

5.2 Caracterização do solo

O solo utilizado no experimento foi classificado por Espíndola et al. (1974) como Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, denominado pela nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Típico. As principais características químicas e físicas do solo, avaliadas de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001) e Camargo et al. (1986), respectivamente, encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3. Essas análises foram realizadas no Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – Faculdade de Ciências Agronômicas.

O pH foi determinado em solução de 0,01 mol L⁻¹ de CaCl₂, a matéria orgânica pelo método colorimétrico, o fósforo pelo método da resina trocadora de ânions, o potássio, cálcio e magnésio pelo método da resina trocadora de cátions. A determinação da acidez total (H + Al) foi através da solução tampão SMP. A determinação de boro foi em água quente e a de cobre, ferro, manganês e zinco foi pelo método da extração com solução de DTPA (dietilenotriamino-pentacético) em pH 7,3.

Considerando as interpretações encontradas em Raij et al. (1996), o teor de fósforo estava muito baixo, indicando maior possibilidade de respostas à adubação fosfatada.

Tabela 1. Análise química do solo utilizado. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P _{resina} (mg dm ⁻³)	H+Al -----	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
			-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
4,0	5	2	28	0,2	4	1	5	33	16

Fonte: Laboratório de análise de solos do Depto. Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

Tabela 2. Análise de micronutrientes do solo utilizado. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg dm ⁻³ -----				
0,19	0,3	5	0,8	0,1

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

Tabela 3. Análise física do solo utilizado. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

Areia	Argila	Silte	Textura
----- g kg ⁻¹ -----			
761	199	40	Média

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

5.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com cinco tratamentos (doses de fósforo) e cinco repetições, com 14 plantas úteis por parcela, sendo que 10 plantas foram utilizadas para absorção de nutrientes e 4 foram conduzidas até o final do ciclo para a obtenção das sementes.

Em razão do maior ciclo e da produção de sementes, as doses avaliadas atingiram o dobro da dose recomendada por Raij et al. (1996) para a produção de alface, resultando-se nos seguintes tratamentos:

T0: tratamento sem fósforo (dose zero);

T200: a metade da dose de fósforo recomendada por Raij et al. (1996) (1/2 x DR);

T400: a dose recomendada por Raij et al. (1996) (DR);

T600: uma vez e meia da dose recomendada (1,5 x DR);

T800: o dobro da dose recomendada (2,0 x DR);

Conforme a análise química do solo utilizado, as doses foram equivalentes a: 0; 200; 400; 600 e 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅, resultando nas denominações de T0, T200, T400, T600 e T800, respectivamente.

5.4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (Tabela 4) e, em caso de efeito significativo para doses de P_2O_5 , de acordo com o teste F, foi realizada a análise de regressão para verificar o efeito de doses de fósforo nas características avaliadas.

Os dados das características vegetativas e dos acúmulos dos nutrientes ao longo das épocas avaliadas, de cada tratamento individualmente, foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativos foram ajustadas equações não lineares que melhor representassem. A área foliar e massa verde da parte aérea total das plantas ao longo das épocas foram ajustadas a função de Gauss, cuja equação é:

$$y = y_0 + \frac{A}{W\sqrt{\pi}/2} e^{-2((x-x_c)^2/W^2)}$$

As demais características vegetativas e os acúmulos dos nutrientes ajustaram-se a função de Boltzmann, que produz uma curva sigmoideal, cuja equação é:

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Tabela 4. Esquema do quadro da análise de variância.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Doses de P_2O_5	4
Resíduo	16
Total	24

5.5 Calagem e adubação

Com base na análise química do solo, foram realizadas a correção da acidez do solo e a adubação de plantio. A calagem foi feita 30 dias antes do transplante das

mudas, utilizando-se calcário dolomítico de alta reatividade (PRNT = 90%), de modo a elevar-se a saturação por bases a 80% e faixa de pH próximo de 6,0 conforme a recomendação sugerida por Raij et al. (1996).

A adubação de plantio correspondeu ao fornecimento de 0,26 g planta⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, 1,6 g planta⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio e 500 g planta⁻¹ de Biomix[®] como fonte de matéria orgânica (cuja análise química encontra-se nas Tabelas 5 e 6). Todo o fósforo foi fornecido apenas no plantio na forma de superfosfato triplo, conforme os tratamentos citados no item 5.3.

Após a calagem e a adubação de plantio, realizou-se uma análise química do solo para obter as informações dos teores dos nutrientes atingidos (Tabelas 7 e 8), assim como ao final do ciclo da cultura. Em cada parcela, foram retiradas subamostras de todos os vasos que depois de misturadas, constituiu-se uma amostra representativa da parcela.

Na adubação de cobertura foi fornecido inicialmente aos 8, 15 e 21 dias após o transplante (DAT), conforme recomendação de Raij et al. (1996) para a produção de alface, em cada aplicação, de forma manual, 0,19 g planta⁻¹ de N, na forma de nitrato de cálcio. Após as plantas atingirem o ponto comercial (34 DAT), realizou-se a aplicação semanal de 0,27 g planta⁻¹ de N e de 0,44 g planta⁻¹ de K₂O até a colheita das sementes (112 DAT), fornecendo em cobertura um total de 3,6 g planta⁻¹ de N e 4,8 g planta⁻¹ de K₂O no ciclo da planta, na forma de nitrato de potássio e de nitrato de cálcio. Aos 36 DAT foi fornecida a solução de micronutrientes sem ferro (solução Sarruge), diluindo-se 1 mL dessa solução em 1 L de H₂O e fornecendo-se 200 mL planta⁻¹ dessa solução.

Tabela 5. Análise química do composto orgânico utilizado. Resultados em % na massa seca. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

pH	MO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Umidade	C/N
-----%-----									
7,7	53	1,30	0,90	0,47	6,80	0,25	0,34	60	23/1

Fonte: Laboratório de análise de fertilizantes e corretivos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

Tabela 6. Análise de micronutrientes do composto orgânico utilizado. Resultados em mg kg^{-1} na massa seca. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg kg^{-1} -----			
78	12150	316	1100

Fonte: Laboratório de análise de fertilizantes e corretivos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

Tabela 7. Análise química de macronutrientes presentes no solo 30 dias após a calagem e a adubação de plantio. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	pH (CaCl_2)	MO (g dm^{-3})	P_{resina} (mg dm^{-3})	H+Al -----	K mmol _c	Ca dm^{-3}	Mg dm^{-3}	SB -----	CTC -----	V %
T0 (0)	5,7	4	8	13	3,1	24	8	35	48	72
T200 (200)	5,7	4	12	13	2,8	22	11	36	49	73
T400 (400)	5,6	4	44	14	3,5	21	7	31	45	69
T600 (600)	5,8	4	66	13	3,1	23	7	33	48	69
T800 (800)	6,2	6	90	13	3,1	27	6	35	47	74

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

Tabela 8. Análise química de micronutrientes presentes no solo 30 dias após a calagem e a adubação de plantio. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	B -----	Cu -----	Fe mg dm^{-3}	Mn -----	Zn -----
T0 (0)	0,03	0,4	7	0,3	0,5
T200 (200)	0,03	0,2	7	0,3	0,3
T400 (400)	0,03	0,3	8	0,5	0,5
T600 (600)	0,03	0,3	8	0,5	0,5
T800 (800)	0,03	0,5	13	0,8	0,7

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo – FCA/UNESP.

5.6 Cultivar utilizada

Foi utilizada a cultivar de alface tipo crespa ‘Verônica’ (Sakata Seed Sudamerica Ltda.), com plantas de porte grande, folhas de coloração verde claro, alta resistência ao pendoamento precoce e com sementes de coloração preta.

5.7 Obtenção das mudas e condução das plantas

A semeadura foi realizada no dia 25/09/03 em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, contendo substrato comercial para hortaliças, colocando-se de duas ou três sementes por célula, com posterior desbaste para uma planta por célula.

As mudas foram transplantadas em 30/10/03, em vasos de plástico com volume de 13 L sendo conduzida uma planta por vaso, totalizando seis linhas de vasos no sentido longitudinal da estufa, espaçadas em 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas (centro a centro dos vasos). Na Figura 1 tem-se uma vista geral do experimento.

As plantas foram tutoradas, de modo a evitar o seu tombamento na fase reprodutiva, e o controle fitossanitário foi realizado com aplicação de Decis[®] (Deltamethrin) visando o controle de pulgão e com Amistar[®] (Azoxystrobin) para controle de míldio.

A irrigação foi realizada por meio de gotejadores instalados individualmente nos vasos por um tempo suficiente para proporcionar a formação de uma faixa molhada no solo ao longo da profundidade do vaso.

A colheita das sementes foi parcelada em sete vezes e realizada manualmente na maturidade fisiológica, na fase de “pêlos brancos” (“penugem branca”) sobre as inflorescências, conforme Nagai et al. (1995) e Reghin et al. (2000), iniciando-se aos 84 DAT e finalizando-se aos 112 DAT.



Figura1. Vista geral do experimento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

5.8 Características avaliadas

5.8.1 Épocas de coleta, análises químicas das plantas e acúmulo de nutrientes pelas plantas

Para a obtenção dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) na parte aérea das plantas de alface, duas plantas por parcela (exceto na fase de mudas) foram coletadas nos seguintes estádios de desenvolvimento:

- a) na fase de muda (dia do transplante), 20 mudas;
- b) na época da diagnose foliar para avaliação do estado nutricional da alface, recomendada por Malavolta et al. (1997);
- c) quando as plantas atingiram o ponto comercial para consumo de alface;
- d) no início do pendoamento;

- e) no início do florescimento (sendo nessa época feita a separação da haste floral da parte vegetativa, constituindo-se em duas amostras por planta);
- f) na última colheita das sementes (separando-se as sementes da parte aérea, constituindo-se em duas amostras por planta).

As datas de coletas das plantas para a avaliação das características vegetativas e de teores e acúmulos de nutrientes ao longo do ciclo encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9. Dias após o transplante das mudas e o início de cada estágio fenológico das plantas de alface. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Dias após o transplante (DAT)	Estádio fenológico	Data
0	Transplante das mudas	30/10/03
20	Fase de diagnose foliar	19/11/03
34	Ponto comercial da alface	03/12/03
49	Início do pendoamento	18/12/03
69	Início do florescimento	07/01/04
112	Colheita das sementes	19/02/04

Assim que coletadas, as amostras foram levadas ao Laboratório de análise química de plantas do Departamento de Recursos Naturais da UNESP/Botucatu e devidamente lavadas. Após a remoção do excesso de água utilizada na lavagem, as amostras foram colocadas em saco de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante, conforme Malavolta et al. (1997). Posteriormente, com o uso da balança analítica, foi obtida a massa de material seco da amostra de cada planta.

Em seguida, cada amostra passou pela moagem no moinho tipo Wiley. A digestão sulfúrica e a digestão por via seca foram utilizadas para a obtenção do extrato visando à determinação de N e B respectivamente. A digestão nítrico-perclórica foi utilizada para a obtenção dos extratos para as determinações dos demais nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), conforme metodologias apresentadas por Malavolta et al. (1997).

A partir das análises químicas foram obtidos os teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em g kg⁻¹ e de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em mg kg⁻¹.

A quantidade dos nutrientes extraídos foi obtida pela multiplicação do teor de cada nutriente pela massa seca da amostra.

5.8.2 Características vegetativas das plantas

Essas avaliações foram realizadas nas plantas coletadas em cada estágio de desenvolvimento citado no item 5.7.1 com o objetivo de obter algumas medidas de crescimento das plantas de alface para a produção de sementes. Foram elas:

- altura das plantas (distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta);
- número de folhas por planta;
- massa verde da parte aérea da planta;
- área foliar (obtida com o medidor de área foliar, Li-Cor, modelo LI-3100);
- massa seca da parte aérea da planta (obtida após a secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65°C e atingir massa constante).

5.8.3 Produção das sementes

As sementes (juntamente com os restos das partes florais) assim que colhidas eram levadas para câmara seca a 40% de umidade relativa e à temperatura de 20°C, para melhor conservação até o término da colheita, podendo então iniciar a limpeza manual das sementes em uma única vez. Foram armazenadas por um período de cinco meses e, depois da estabilização do teor de água a 7,7%, as sementes foram contadas, pesadas (com os resultados expressos em massa e número de sementes por planta) e utilizadas para avaliar a qualidade.

5.8.4 Qualidade das sementes

5.8.4.1 Massa de mil sementes

Foram contadas mil sementes de cada parcela, sendo em seguida realizada a determinação da massa (g) em balança com quatro casas decimais de precisão.

5.8.4.2 Teste de germinação

O teste padrão de germinação para as sementes foi realizado conforme as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992), com o uso de caixa gerbox em germinador a 20°C, sendo analisadas 100 sementes por parcela. A primeira contagem das plântulas normais foi realizada aos quatro dias e a segunda, aos sete dias. As plântulas foram consideradas germinadas ao perceber o aparecimento das folhas cotiledonares.

5.8.4.3 Primeira contagem de germinação

A primeira contagem (quatro dias após a semeadura) das sementes foi considerada como teste de vigor, conforme Brasil (1992), em que as amostras que germinam mais rapidamente, com maior porcentagem de plântulas normais nessa data são consideradas como mais vigorosas (VIEIRA & CARVALHO, 1994).

5.8.4.4 Índice de velocidade de germinação (IVG)

A obtenção do índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizada durante o teste de germinação, conforme Maguire (1962). As avaliações foram diárias e realizadas sempre no mesmo horário até o 7º dia após a semeadura. Quanto maior o valor do IVG, maior a velocidade de germinação e, conseqüentemente, maior o vigor das sementes.

5.8.4.5 Emergência em bandeja

O teste foi realizado em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial Plantmax HT[®], conforme metodologia adotada por Lima et al. (2003), adaptada de Vieira & Carvalho (1994). A escolha de utilizar substrato, e não solo, foi devida ao fato de a produção de mudas de alface normalmente ser realizada em substrato comercial. Dessa forma, procurou-se colocar as sementes em um teste que apresentasse as mesmas condições utilizadas comercialmente pelos produtores. Foram

semeadas 128 sementes para cada parcela, as quais foram mantidas em casa-de-vegetação durante as avaliações. As plântulas foram consideradas emergidas quando as folhas cotiledonares estavam totalmente abertas.

5.8.4.6 Índice de velocidade de emergência (IVE)

A obtenção do índice de velocidade de emergência (IVE) foi realizada durante o teste de emergência em bandeja, conforme Maguire (1962). As avaliações foram diárias e realizadas sempre no mesmo horário até o 10º dia após a semeadura. Quanto maior o valor do IVE, maior a velocidade de emergência das plântulas e, conseqüentemente, maior o vigor das sementes.

5.8.5 Massa verde e massa seca da parte aérea das plântulas e das mudas obtidas a partir das sementes colhidas neste experimento

Foi realizada com o objetivo de verificar a influência dos tratamentos utilizados na massa verde e na massa seca de plântulas e de mudas obtidas com a semeadura das sementes resultantes das plantas dos tratamentos. Por esse teste, as amostras que apresentaram maiores valores de massa seca e verde de plântulas normais foram consideradas mais vigorosas. Foram coletadas 128 plântulas com 4 DAS (ponto de desbaste) e 40 mudas no ponto de transplante com 30 DAS por parcela.

5.8.6 Teste de germinação sob altas temperaturas

Teste de germinação foi realizado conforme metodologia citada no item 5.7.4.2, no entanto, em temperaturas de 30 e 33°C (condições adversas para sementes de alface) com o objetivo de verificar a resposta das sementes dos diferentes tratamentos.

5.8.7 Teste de germinação após o armazenamento das sementes em câmara seca

Foi realizado aos 15 e 25 meses após o armazenamento das sementes em embalagens permeáveis, mantidas em câmara seca (20°C e 40% de umidade relativa). Esse teste foi conduzido com o objetivo de verificar a influência dos tratamentos utilizados na germinação das sementes após períodos de armazenamento em câmara seca.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Temperaturas observadas durante a condução do experimento

As temperaturas observadas durante o período de condução das plantas dentro da estufa encontram-se na Figura 2. Pode-se observar que a temperatura média no período de desenvolvimento vegetativo (0 a 34 DAT) esteve próxima de 25°C, favorecendo o florescimento da alface, conforme Viggiano (1990).

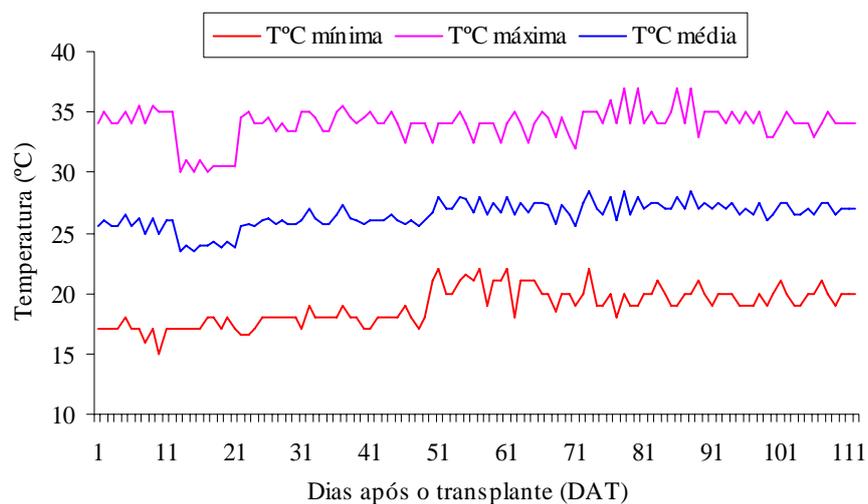


Figura 2. Dados diários de temperaturas máxima, média e mínima durante a condução de plantas de alface para a produção de sementes. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

6.2 Análise química do solo coletado no final do experimento

Após a colheita das sementes, amostras de solo foram coletadas nos diferentes tratamentos para a realização da análise química (Tabelas 10 e 11).

Verifica-se que os valores de pH permaneceram superiores a 6,0 indicando uma acidez muito baixa em todos os tratamentos (Raij et al., 1996). Os valores de saturação por bases foram altos e em todos os tratamentos estiveram próximos ao recomendado para o cultivo de alface (80%). Os teores de potássio e de magnésio foram médios e os de cálcio foram considerados altos. Quanto aos teores de fósforo, o T0 apresentou teor muito baixo, o T200 baixo e para o T400, T600 e T800 os teores foram médios, ou seja, mesmo na maior dose de fósforo (800 kg ha^{-1} de P_2O_5), o teor deste nutriente ao final do experimento não foi aumentado. Em relação aos micronutrientes (Tabela 11), os teores de boro e de manganês foram baixos, os de cobre e de ferro foram médios e para zinco, todos os tratamentos tiveram baixo teor, com exceção do T400 que foi médio.

Tabela 10. Análise química de macronutrientes presentes no solo no final do experimento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	pH (CaCl_2)	MO (g dm^{-3})	P_{resina} (mg dm^{-3})	H+Al -----	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
						$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$				%
T1 (0)	7,0	4	6	10	1,5	26	6	34	44	78
T2 (200)	6,9	4	14	10	2,0	24	5	31	40	76
T3 (400)	7,0	5	35	10	2,1	30	6	39	48	80
T4 (600)	6,7	4	48	11	2,0	29	8	40	51	79
T5 (800)	6,7	5	57	11	1,9	26	7	35	46	75

Média de cinco repetições.

Tabela 11. Análise química de micronutrientes presentes no solo no final do experimento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg dm^{-3}		
T1 (0)	0,02	0,4	4,6	0,6	0,5
T2 (200)	0,02	0,4	5,6	0,5	0,3
T3 (400)	0,03	0,5	7,6	0,6	0,6
T4 (600)	0,02	0,5	7,8	0,8	0,4
T5 (800)	0,02	0,6	6,6	1,1	0,4

Média de cinco repetições.

6.3 Características vegetativas em diferentes fases de desenvolvimento da cultura

6.3.1 Número de folhas por planta

O número de folhas por planta apresentou a mesma tendência para todos os tratamentos durante as épocas avaliadas (Figura 3). Ajustou-se a função de Boltzmann (curva sigmoidal) demonstrada na Tabela 12 para todos os tratamentos. Observou-se maior aumento dos 20 aos 69 DAT, e depois do início do florescimento praticamente não se alterou (Figura 3).

No ponto comercial (34 DAT), o número de folhas por planta variou de 18 a 24 folhas no T0 e T800, respectivamente, com uma média de 21 folhas por planta, valor superior ao obtido por Santos et al. (2005) para essa mesma cultivar, que obtiveram uma média de 15 folhas por planta. Cardoso (2005) obteve uma média de 22 folhas por planta em experimento com a cultivar Verônica.

No final do ciclo (112 DAT), não houve efeito significativo dos tratamentos para o número de folhas por planta, com valores de 48 a 62 folhas entre os tratamentos (Tabela 15), com uma média de 55 folhas por planta, valor superior ao obtido por Cardoso (2005), que foi de 43 folhas por planta para essa mesma cultivar.

Tabela 12. Parâmetros da equação não linear ajustada para o número de folhas por planta em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	2,7104	48,5519	43,2957	12,6164	0,99
T200 (200)	2,8226	57,2300	44,2603	12,2166	0,99
T400 (400)	3,9332	60,0121	42,6860	9,7698	0,98
T600 (600)	5,2421	51,1578	36,5791	6,7983	0,97
T800 (800)	0,2346	61,4973	40,6135	13,7207	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação: , em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

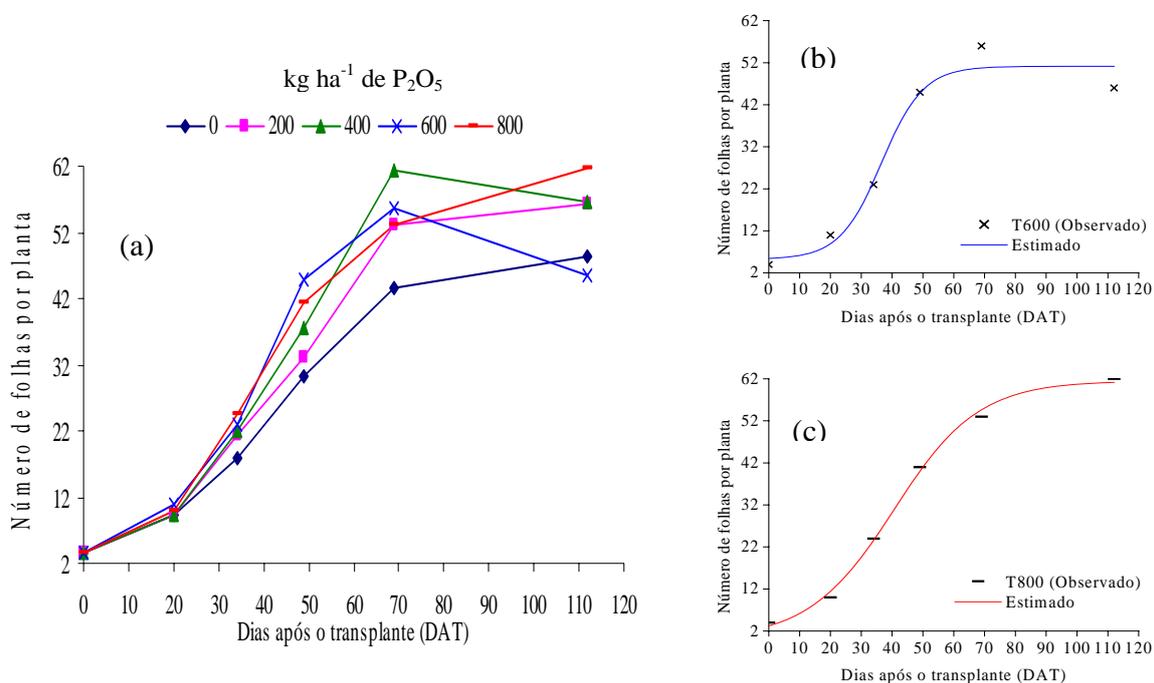


Figura 3: Número de folhas da alfaca observadas do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimadas para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

6.3.2 Altura das plantas

Todos os tratamentos apresentaram a mesma tendência quanto à altura das plantas ao longo das épocas avaliadas, ajustando-se a função de Boltzmann (curva sigmoideal) (Tabela 13). Porém, o que se percebe é um grande aumento da altura das plantas de todos os tratamentos com P₂O₅ em relação à testemunha sem fósforo (T0) (Figura 4), mostrando a importância deste nutriente no crescimento da planta. O maior incremento da altura das plantas ocorreu a partir do início do pendoamento (49 DAT) em todos os tratamentos, fase em que há alongamento da haste floral. Após o florescimento praticamente houve estabilização.

No ponto comercial (34 DAT), os valores de altura das plantas variaram de 13 a 21 cm no T0 e T600, respectivamente, com uma média de 17 cm. Valor

superior ao obtido por Santos et al. (2005) e inferior ao obtido por Cardoso (2005), ambos para a cultivar Verônica, em que obtiveram altura de 13 e 21 cm, respectivamente.

Quanto às doses de P_2O_5 , no final do ciclo, a altura das plantas ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 5) com o máximo valor obtido na dose de 501 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Os valores de altura obtidos nesse experimento variaram de 92,4 a 105,6 cm, valores próximos à máxima altura (100 cm) obtida por Reghin et al. (2000) para essa mesma cultivar e por Izzeldin et al. (1980), que obtiveram uma altura média de 120 cm. Já Cardoso (2005) obteve uma média de 82 cm em experimento com alface ‘Verônica’, com cultivo em época de fotoperíodo decrescente (fevereiro a agosto de 2004). Sabe-se que tanto a temperatura como o fotoperíodo são importantes no alongamento da haste floral em alface (HIRAOKA, 1967 e 1969; RYDER, 1999).

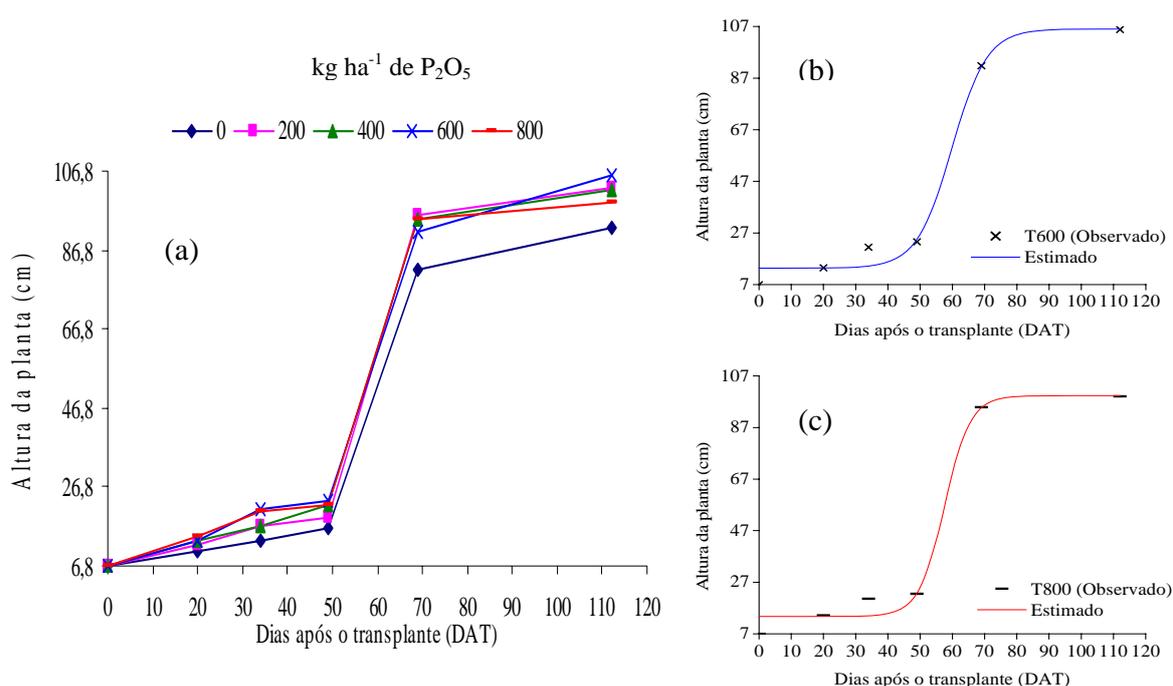


Figura 4: Altura da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 13. Parâmetros da equação não linear ajustada para a altura da planta em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	10,1054	92,4473	60,3350	4,5597	0,99
T200 (200)	11,7569	102,4945	58,8206	4,0521	0,99
T400 (400)	12,1000	102,1670	58,3286	4,5764	0,99
T600 (600)	13,1926	105,8498	59,8278	5,4751	0,98
T800 (800)	13,5446	99,1391	57,5629	4,0227	0,98

R² = coeficiente de determinação.

Equação:
$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$
, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

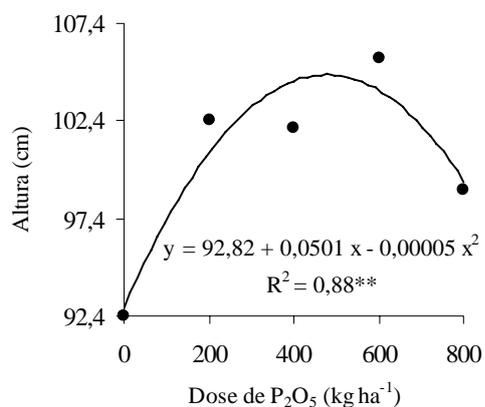


Figura 5. Altura das plantas no final do ciclo em função das doses de P₂O₅. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.3.3 Área foliar

A área foliar das plantas seguiu a mesma tendência em todos os tratamentos, ajustando-se a função de Gauss (Tabela 14) durante as épocas avaliadas. A área foliar foi crescente até o início do pendoamento e depois reduziu no início do florescimento

(69 DAT), pois as plantas entraram em senescência com a colheita das sementes, não sendo possível determiná-la aos 112 DAT (Figura 6). Observa-se que o T800 (800 kg ha^{-1}) foi aquele que apresentou maior média de área foliar na maioria das épocas avaliadas.

Para o ponto comercial (34 DAT) a área foliar variou de 1054 cm^2 (T0) a 2743 cm^2 (T600), com uma média de 1898 cm^2 , valor inferior ao obtido por Cardoso (2005) que foi 2261 cm^2 para essa mesma cultivar.

Nota-se que no início do pendoamento (49 DAT), as três maiores doses (T400, T600 e T800) atingiram área foliar semelhantes, diferente do T0 e T200 que foram menores. Isso provavelmente deve influenciar na produção de carboidratos e conseqüentemente na produção de sementes, pois, quanto maior a área foliar da planta, maior a captação da luz solar pela planta e então maior a fotossíntese.

Aos 69 DAT não houve diferença estatística entre os tratamentos para essa característica (Tabela 15), provavelmente pela senescência da maioria das folhas, pois até os 49 DAT (início do pendoamento) houve diferença entre os tratamentos.

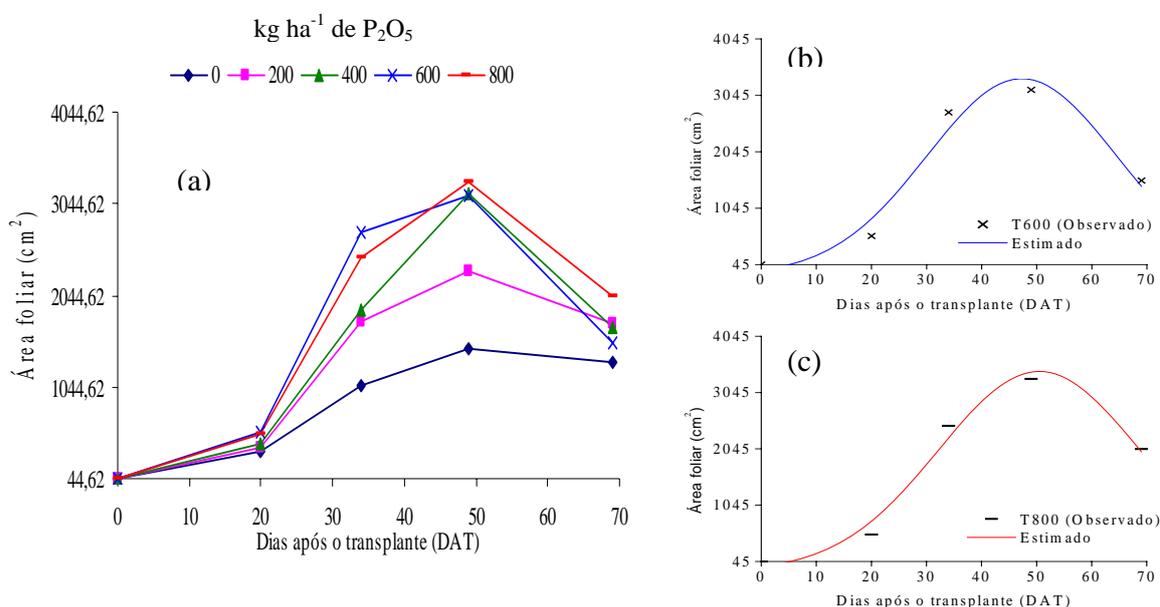


Figura 6: Área foliar da alfaca observada do transplante até o início do florescimento para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 14. Parâmetros da equação não linear ajustada para a área foliar em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	y ₀	x _c	W	A	R ²
T0 (0)	-59,3249	55,5087	45,0859	91849	0,99
T200 (200)	-104,9891	52,4170	39,9785	127873	0,97
T400 (400)	-10,1639	50,8335	32,0714	128679	0,99
T600 (600)	-122,7728	47,2812	34,3488	149091	0,96
T800 (800)	-118,9342	50,4713	36,5055	161826	0,98

R² = coeficiente de determinação.

Equação:
$$y = y_0 + \frac{A}{W\sqrt{\pi}/2} e^{-2(x-x_c)^2/W^2}$$
, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

Tabela 15. Número de folhas por planta obtida aos 112 DAT e área foliar obtida aos 69 DAT para cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Número de folhas por planta	Área foliar (cm ²)
T0 (0)	48	1311,53
T200 (200)	56	1738,93
T400 (400)	57	1686,35
T600 (600)	46	1534,68
T800 (800)	62	2043,23
F	1,80 ^{ns}	1,63 ^{ns}
CV (%)	15,7	21,8

Média de cinco repetições por tratamento; ns = não significativo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

6.3.4 Massa verde da parte aérea total das plantas

Todos os tratamentos tiveram a mesma tendência quanto à massa verde da parte aérea total das plantas, ajustando-se a função de Gauss (Tabela 16). O T600 e o T800 foram aqueles que tiveram maiores médias ao longo de todas as épocas avaliadas (Figura 7). A massa verde da parte aérea total foi pequena até os 20 DAT (desenvolvimento vegetativo). O maior aumento ocorreu dos 20 aos 69 DAT (início do florescimento) e depois diminuiu.

No ponto comercial (34 DAT), a média da massa verde da parte aérea total das plantas foi 122,1 g planta⁻¹, valor, em média, superior ao obtido por Santos et al. (2005) e inferior ao obtido por Cardoso (2005) para essa mesma cultivar que foi de 104,2 e 147,8 g planta⁻¹, respectivamente. Porém, para os melhores tratamentos (T600 e T800), os valores obtidos foram bem superiores (182,6 e 157,5 g planta⁻¹, respectivamente).

No final do ciclo, houve efeito significativo de tratamentos para essa característica, ajustando-se ao modelo linear (Figura 8), indicando aumento na massa verde da parte aérea total das plantas com o acréscimo de P₂O₅ no solo. O aumento foi de cerca de 16 g de massa verde da parte aérea total para cada 100 kg de P₂O₅ aplicados no solo. Nessa época, os valores de massa verde da parte aérea total das plantas obtidos nesse experimento variaram de 122 a 251 g planta⁻¹, valores superiores ao encontrado por Cardoso (2005), que obteve uma média de 101 g planta⁻¹ também no final do ciclo para essa mesma cultivar.

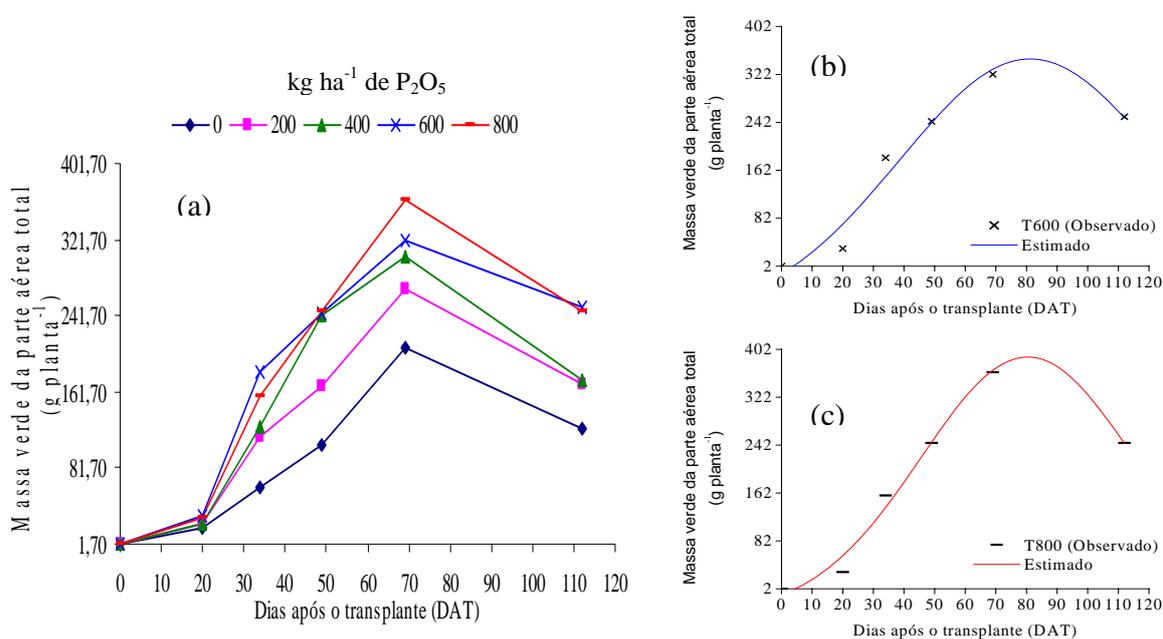


Figura 7: Massa verde da parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 16. Parâmetros da equação não linear ajustada para a massa verde da parte aérea total por planta em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	y ₀	x _c	W	A	R ²
T0 (0)	0,4859	81,3503	55,0996	15688	0,99
T200 (200)	-19,6229	79,9277	65,9993	25186	0,98
T400 (400)	-36,7697	76,5740	66,6156	30369	0,97
T600 (600)	-81,3392	81,1924	85,2749	45834	0,96
T800 (800)	-38,1102	80,3751	69,6181	37246	0,98

R² = coeficiente de determinação.

Equação:
$$y = y_0 + \frac{A}{W\sqrt{\pi}/2} e^{-2((x-x_c)^2/W^2)}$$
, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

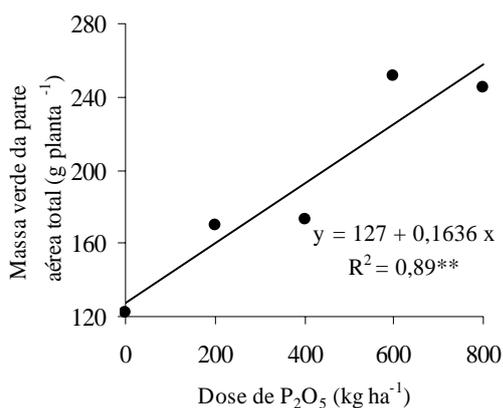


Figura 8. Massa verde da parte aérea total da alfaca para a produção de sementes no final do ciclo (112 DAT) em função das doses de P₂O₅. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.3.5 Massa seca da parte aérea total das plantas

A massa seca da parte aérea total das plantas seguiu a mesma tendência em todos os tratamentos durante as épocas e ajustou-se a função de Boltzmann (curva sigmoidal) demonstrada na Tabela 17. Foi crescente ao longo das épocas avaliadas, sendo as plantas dos tratamentos T600 e T800 aquelas que apresentaram as maiores médias dessa característica, que foram de 73 e 69 g planta⁻¹ respectivamente (Figura 9), valores semelhantes ao obtido por Cardoso (2005) que obteve uma média de 75 g planta⁻¹ e superiores ao obtido por Izzeldin et al. (1980) que foi, em média, 52,6 g planta⁻¹.

No ponto comercial (34 DAT), a massa seca da parte aérea total das plantas variou de 5,70 g planta⁻¹ (T0) a 11,42 g planta⁻¹ (T600), valores superiores ao obtido por Arruda Júnior et al. (2005), que também avaliaram doses crescentes de fósforo, e obtiveram a máxima produção de massa seca (4,35 g planta⁻¹) na maior dose (40 mg kg⁻¹), no entanto, foi para a cultivar crespa ‘Cacheada’. Para a cultivar Verônica, Grangeiro et al. (2006), Cézar (2005) e Cardoso (2005) obtiveram massa seca de 6,4; 8,15 e 10 g planta⁻¹ respectivamente.

É importante observar que após o ponto comercial (34 DAT), a massa seca da parte aérea total teve um incremento da ordem de cinco vezes. Isso significa dizer que a planta teve seu maior incremento em massa seca após o ponto comercial e, portanto, a demanda por nutrientes é muito maior, conforme será discutido posteriormente.

Na época da colheita das sementes, houve diferença estatística entre os tratamentos, ocorrendo aumento linear com o acréscimo de P₂O₅ no solo (Figura 10), com um acúmulo de 4,8 g para cada 100 kg de P₂O₅ aplicados no solo. Nesta época, Cardoso (2005) obteve uma massa seca da parte aérea total de 75,46 g planta⁻¹ para a cultivar Verônica.

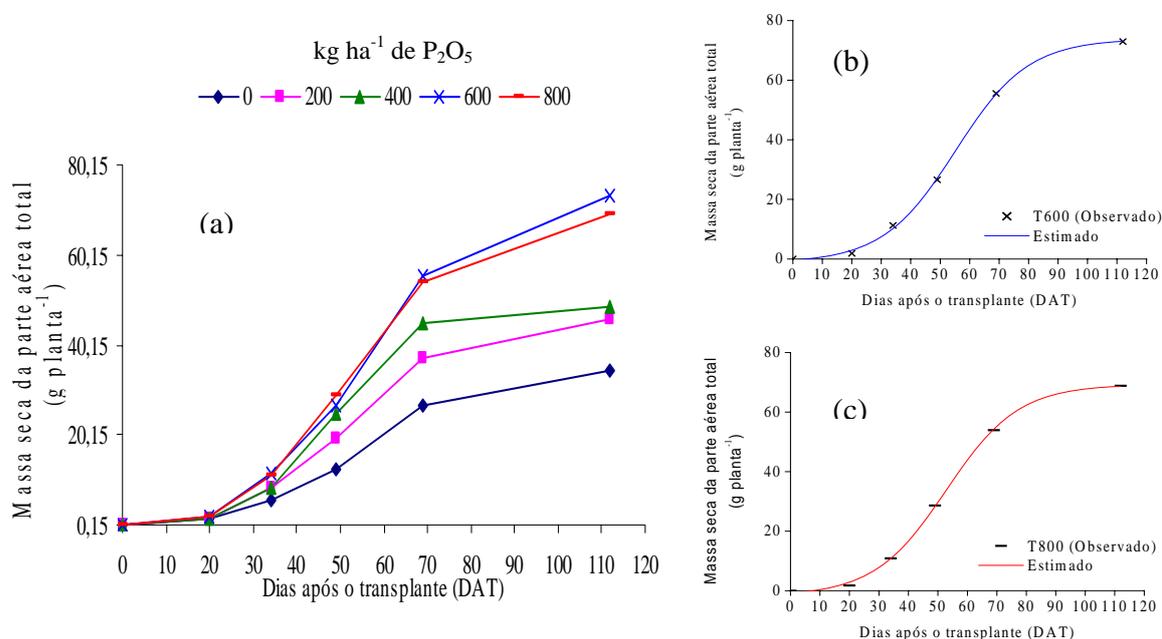


Figura 9: Massa seca da parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 17. Parâmetros da equação não linear ajustada para a massa seca da parte aérea total por planta em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	-0,1334	34,9146	55,0862	12,0325	0,99
T200 (200)	-0,6491	46,4376	52,3408	11,7929	0,99
T400 (400)	-0,0803	48,9781	48,4479	8,9301	0,99
T600 (600)	-1,0471	73,9342	55,1836	12,3361	0,99
T800 (800)	-1,5480	69,394	52,8408	12,2223	0,99

R² = coeficiente de determinação.

Equação:
$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$
, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

O aumento linear na massa verde e na massa seca da parte aérea total das plantas com o aumento das doses de P₂O₅ provavelmente resultou em aumento no acúmulo da maioria dos nutrientes pela planta ao final do ciclo e aumento linear na produção de sementes, conforme será visto posteriormente.

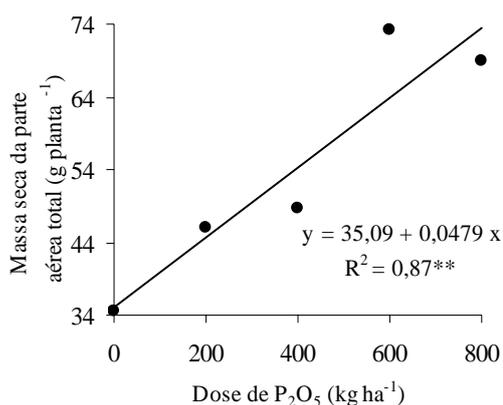


Figura 10. Massa seca da parte aérea total da alface para a produção de sementes no final do ciclo (112 DAT) em função das doses de P₂O₅. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.4 Quantidade de macronutrientes acumulados na parte aérea total da planta

6.4.1 Macronutrientes

A quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre acumulada na parte aérea total das plantas (caule + folhas + hastes florais + sementes) ao longo das épocas avaliadas tiveram tendências semelhantes em todos os tratamentos e ajustaram-se a função de Boltzmann (curva sigmoidal) demonstrada nas Tabelas 18 a 23. Em todas as épocas avaliadas, o T600 e o T800 foram aqueles que apresentaram maior acúmulo desses nutrientes (Figuras 11 a 16).

Baseado em T600 e T800, a curva de acúmulo indicou que a maior demanda de nitrogênio (Figura 11) ocorreu no período de desenvolvimento vegetativo ao início do florescimento (20 aos 69 DAT), com uma média de $19 \text{ mg dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ de N. Já para fósforo (Figura 12), potássio (Figura 13), cálcio (Figura 14), magnésio (Figura 15) e enxofre (Figura 16), a maior demanda desses nutrientes ocorreu no período de início do pendoamento ao início do florescimento (49 a 69 DAT), com uma média de 4,3; 38; 18,5; 3,4 e $1,7 \text{ mg dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ de P, K, Ca, Mg e S respectivamente.

Quanto ao nitrogênio (Figura 11), o acúmulo foi crescente até o início do florescimento (69 DAT), tendendo a estabilizar a partir dessa época, semelhante ao que ocorreu com o acúmulo de massa seca das plantas. A quantidade de nitrogênio acumulada ao final do ciclo (112 DAT) foi maior em T600 ($1174 \text{ mg planta}^{-1}$) e em T800 ($1091 \text{ mg planta}^{-1}$), seguida em ordem decrescente pelo T400 ($740 \text{ mg planta}^{-1}$), T200 ($739 \text{ mg planta}^{-1}$) e T0 ($595 \text{ mg planta}^{-1}$) (Figura 11). Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes encontrava-se com 6,5%, 30%, 50% e 84% do total do nitrogênio acumulado ($1174 \text{ mg planta}^{-1}$), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente (Figura 11), ou seja, a alface para produção de sementes acumulou apenas 16% do total de nitrogênio na fase de maturação das sementes (após o início do florescimento), provavelmente devido à senescência das folhas e redistribuição do nitrogênio destas para as partes reprodutivas.

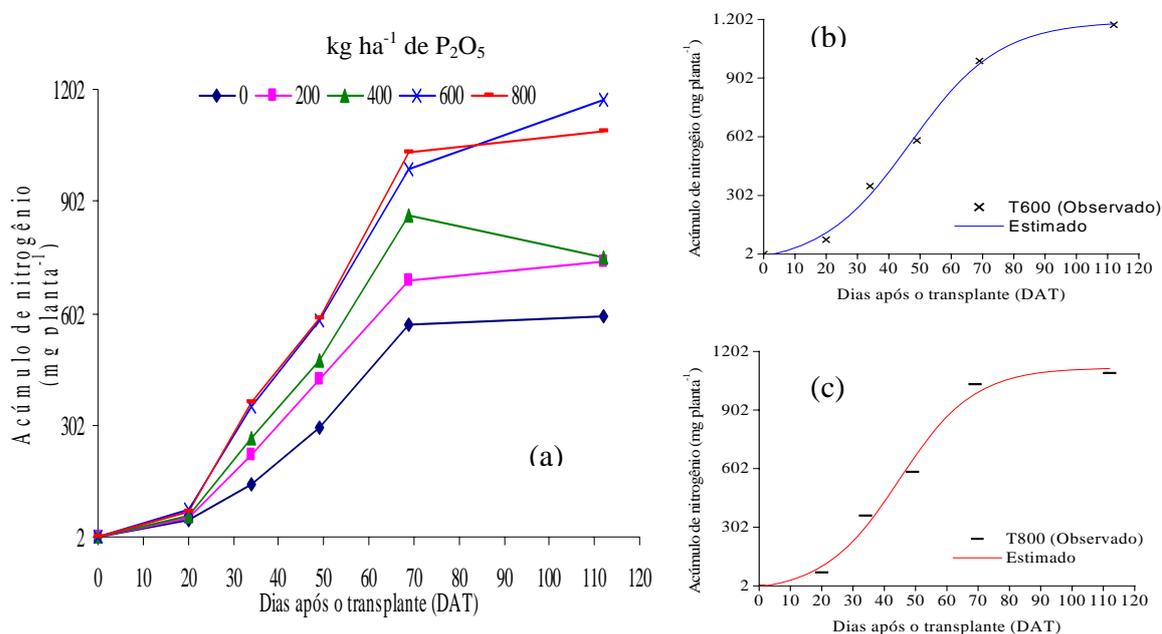


Figura 11. Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 18. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	10,4298	611,208	48,4798	9,7350	0,99
T200 (200)	-13,9512	750,3079	44,4845	11,3257	0,99
T400 (400)	4,9246	810,7793	43,0637	9,0750	0,97
T600 (600)	-52,2088	1191,4831	46,9302	14,2132	0,99
T800 (800)	-28,0555	1118,5514	44,7929	11,9931	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

Quanto ao fósforo (Figura 12), a quantidade acumulada desse nutriente ao final do ciclo (112 DAT) foi maior em T600 (165 mg planta⁻¹) e T800 (155 mg planta⁻¹), seguida em ordem decrescente pelo T400 (88 mg planta⁻¹), T200 (86 mg planta⁻¹) e T0 (64 mg planta⁻¹). Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes necessitou de 6%, 25%, 28% e 81% do total do fósforo acumulado (165 mg planta⁻¹), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente, ou seja, apenas 19% na fase de maturação das sementes (após o início do florescimento).

Nota-se que entre os 50 e 70 DAT, ou seja, entre o início do pendramento e o início do florescimento foi absorvido cerca de 50% do fósforo que a planta necessitou. Possivelmente, neste estágio, o fósforo seja armazenado para posterior redistribuição para as sementes (principal dreno de reserva). Grant et al. (2001) verificaram que para trigo, 45% do P total da parte aérea tinha sido absorvido até o florescimento e à medida que a planta se desenvolvia, o P era removido das folhas e caules e direcionado para os grãos (sementes).

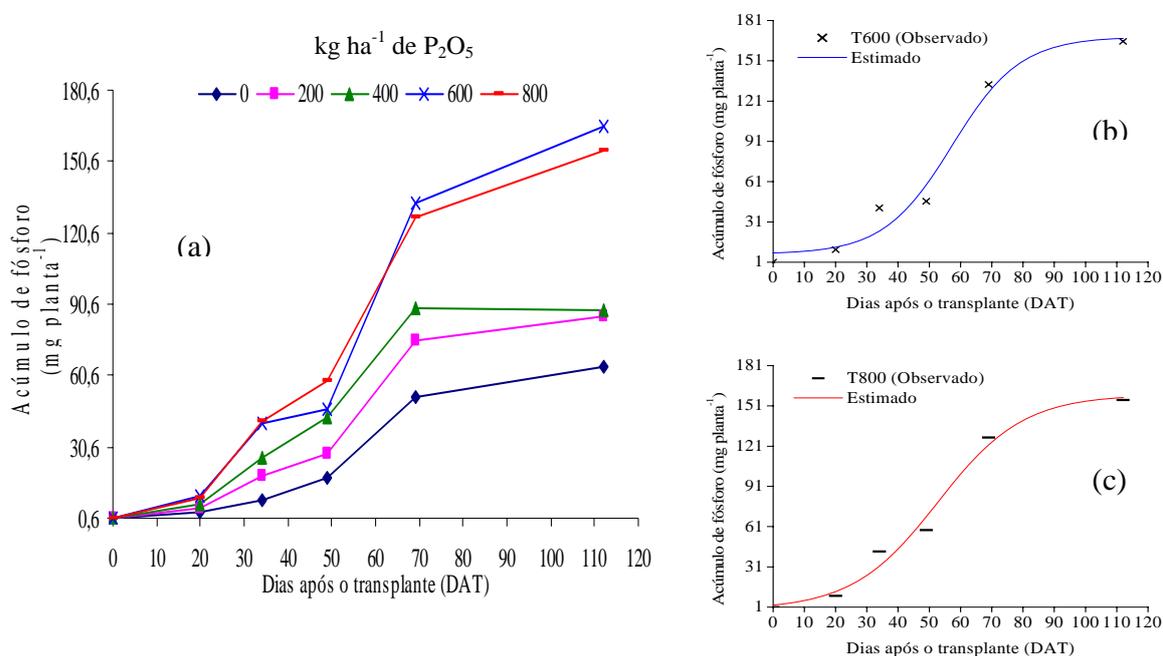


Figura 12. Quantidade de fósforo acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 19. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de fósforo acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	2,0726	64,5155	57,7104	8,8325	0,99
T200 (200)	4,1108	87,1744	55,0997	8,8276	0,98
T400 (400)	1,9523	91,7782	48,0754	9,9102	0,98
T600 (600)	6,6577	168,2961	57,2837	10,9085	0,97
T800 (800)	-1,2196	158,8700	52,7421	13,6461	0,98

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

O potássio foi o nutriente mais acumulado pela planta de alface para produção de sementes. Aos 112 DAT, o acúmulo foi maior em T600 (2296 mg planta⁻¹) e T800 (2228 mg planta⁻¹), seguido pelo T400 (1856 mg planta⁻¹), T200 (1755 mg planta⁻¹) e T0 (1319 mg planta⁻¹). Baseado em T600 e T800, a planta necessitou de 5,7%, 24%, 43% e 77% do total do potássio acumulado (2296 mg planta⁻¹), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente (Figura 13). Neste caso, cerca de 23% após o início do florescimento (69 DAT) até a colheita das sementes.

Tabela 20. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de potássio acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	8,5628	1339,1296	52,8329	11,7409	0,99
T200 (200)	-16,9912	1785,5958	49,4654	11,9480	0,99
T400 (400)	-43,0252	1868,6439	47,1756	11,9506	0,99
T600 (600)	-89,0638	2343,7685	51,7538	15,2560	0,99
T800 (800)	-103,4904	2260,6907	50,8768	15,1897	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

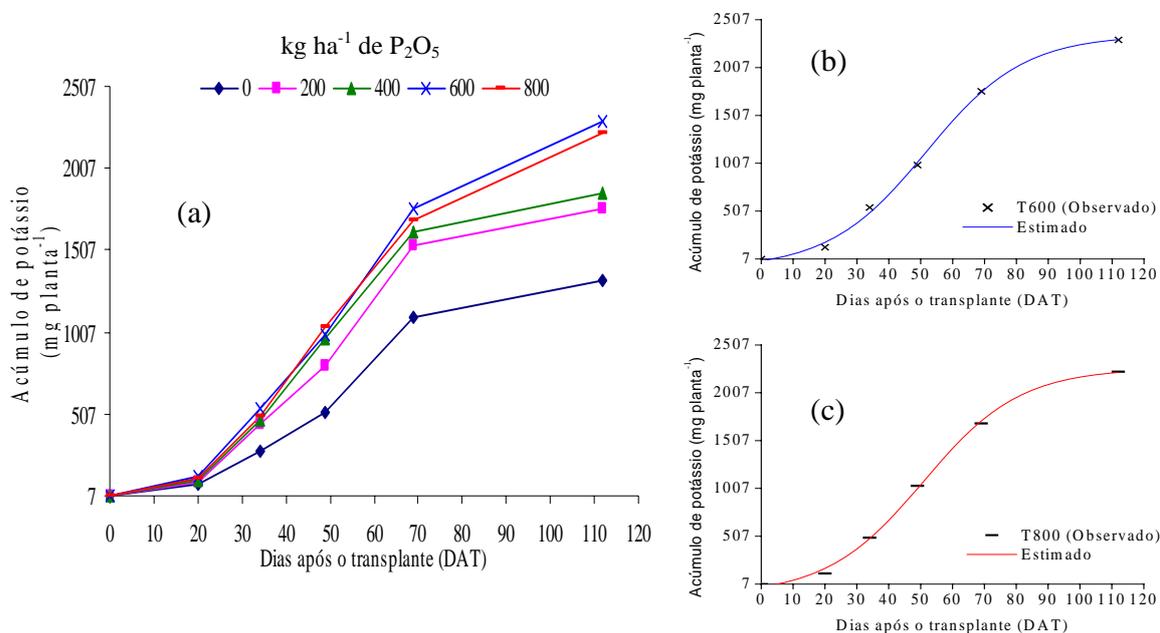


Figura 13. Quantidade de potássio acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Quanto ao cálcio, aos 112 DAT, o maior acúmulo ocorreu nas plantas do T800 (1091 mg planta⁻¹) e do T600 (1028 mg planta⁻¹), seguido pelo T400 (863 mg planta⁻¹), T200 (742 mg planta⁻¹) e T0 (580 mg planta⁻¹). Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes necessitou de 3%, 15%, 29% e 65% do total do cálcio acumulado (1028 mg planta⁻¹), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente (Figura 14). Neste caso, pouco mais de 1/3 (35%) de cálcio foi absorvido após o início do florescimento (69 DAT).

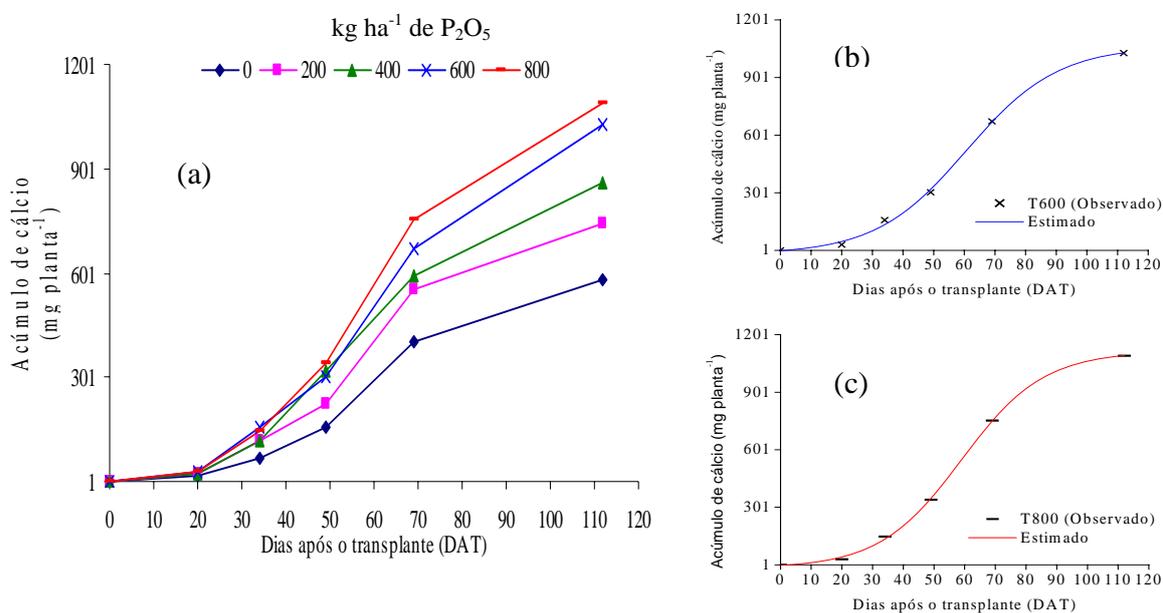


Figura 14. Quantidade de cálcio acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 21. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de cálcio acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	A_1	A_2	x_0	dx	R^2
T0 (0)	1,7395	587,5910	60,0019	11,6778	0,99
T200 (200)	1,6971	752,3773	57,7053	11,8394	0,99
T400 (400)	-30,6757	882,1052	57,1406	14,7516	0,99
T600 (600)	-18,6404	1062,2316	60,7611	14,8451	0,99
T800 (800)	-16,0134	1112,3070	58,9427	13,3559	0,99

R^2 = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que $x = (\text{kg ha}^{-1}$ de P_2O_5)

Quanto ao magnésio, aos 112 DAT, o maior acúmulo ocorreu em T800 ($191 \text{ mg planta}^{-1}$), seguido pelo T600 ($184 \text{ mg planta}^{-1}$), T400 ($129 \text{ mg planta}^{-1}$), T200 ($111 \text{ mg planta}^{-1}$) e T0 ($88 \text{ mg planta}^{-1}$). Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes necessitou de 3,8%, 19%, 30% e 67% do total do magnésio acumulado ($184 \text{ mg planta}^{-1}$), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente (Figura 15). Assim como para o cálcio, cerca de 1/3 (33%) do magnésio foi absorvido após o início do florescimento (69 DAT), ou seja, na fase de maturação das sementes.

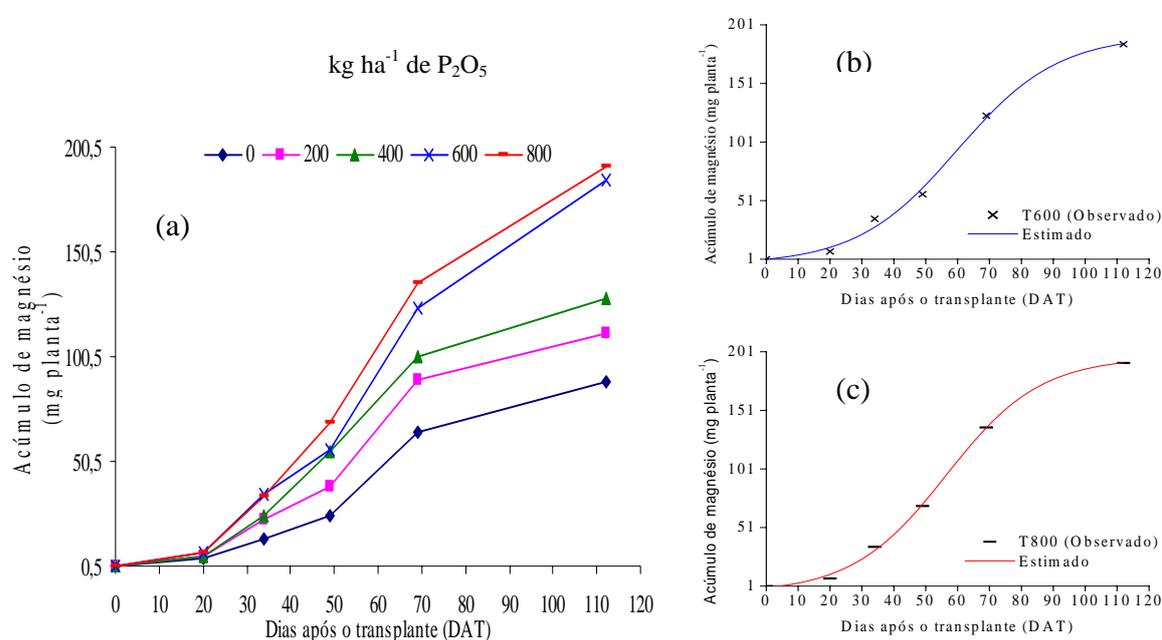


Figura 15. Quantidade de magnésio acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 22. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de magnésio acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	1,4923	89,0393	58,7910	11,1020	0,99
T200 (200)	0,5771	112,8216	54,7648	11,9725	0,99
T400 (400)	-3,4676	130,4117	52,4018	13,4180	0,99
T600 (600)	-3,7569	191,2563	59,9176	15,7366	0,99
T800 (800)	-5,0356	195,5241	56,4403	14,6946	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação: , em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

Assim como o nitrogênio, também a quantidade de enxofre, em média, acompanhou o acúmulo de massa seca pela planta, se estabilizando após o início do florescimento, exceto para o T600.

Quanto ao enxofre, aos 112 DAT, o maior acúmulo ocorreu nas plantas do T600 (79 mg planta⁻¹), seguido pelo T800 (67 mg planta⁻¹), T400 (48 mg planta⁻¹), T200 (41 mg planta⁻¹) e T0 (31 mg planta⁻¹). Baseado em T600 e T800, a alfaca para a produção de sementes necessitou de 5,5%, 17%, 24% e 63% da média do total do enxofre acumulado (73 mg planta⁻¹), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente (Figura 16). Cerca de 37% do enxofre foi absorvido na fase de maturação das sementes.

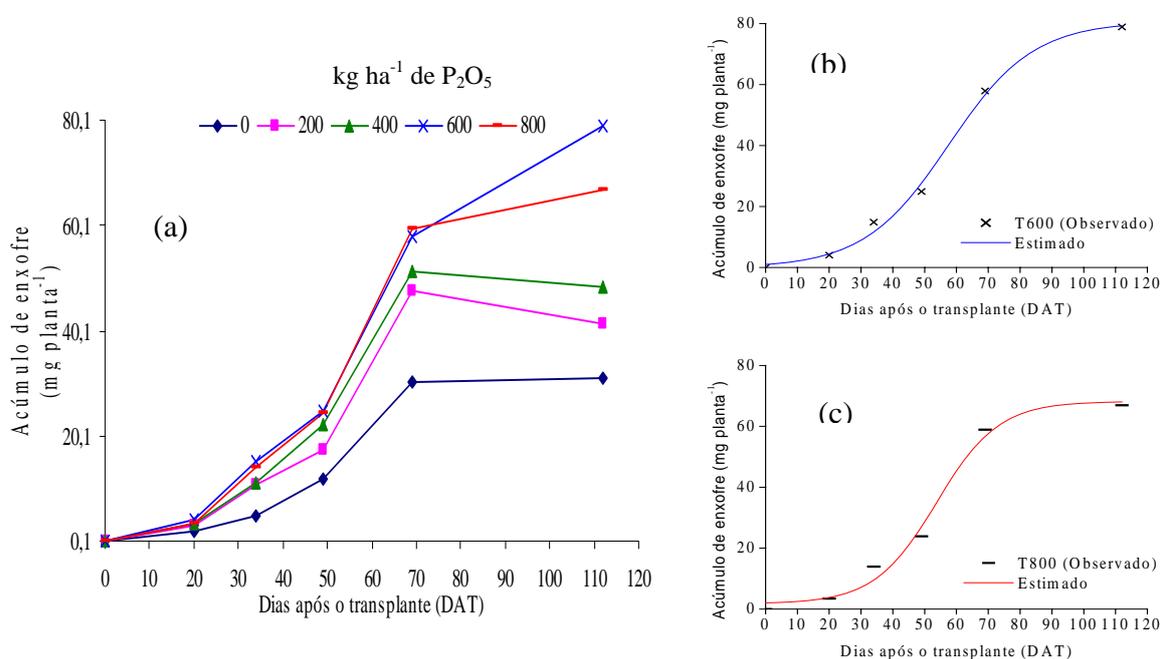


Figura 16. Quantidade de enxofre acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 23. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de enxofre acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Treatamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	1,4101	31,6929	52,5847	6,9840	0,99
T200 (200)	3,7774	44,0102	50,2181	4,7584	0,95
T400 (400)	2,5535	50,8407	50,4956	7,3455	0,98
T600 (600)	0,0681	80,6836	57,5700	13,2680	0,99
T800 (800)	1,8578	68,2838	53,7354	9,7537	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

Para o magnésio, assim como para o potássio, o cálcio e o fósforo, a quantidade acumulada na parte aérea total das plantas foi crescente até a época da colheita das sementes (112 DAT), o que não ocorreu com o nitrogênio e o enxofre; provavelmente isso tenha ocorrido pelo fato de que na semente, o magnésio, potássio, cálcio e o fósforo são armazenados nos sais do ácido fítico, constituindo a fitina (COPELAND & MCDONALD, 1995; MARSCHNER, 1995).

Baseado em T600 e T800, a média da quantidade de macronutrientes acumulados na parte aérea das plantas de alface para a produção de sementes no final do ciclo, em ordem decrescente e em mg planta^{-1} , foi: $2262 > 1133 > 1060 > 188 > 160 > 73$, de potássio > nitrogênio > cálcio > magnésio > fósforo > enxofre, respectivamente.

Ferreira et al. (1993) e Beninni (2002) verificaram que a ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes para a produção de alface foi: potássio > nitrogênio > cálcio > fósforo > magnésio > enxofre, semelhante ao obtido neste trabalho para a produção de sementes.

Ao comparar o acúmulo de macronutrientes obtido por Beninni (2002) pela alface cultivar Verônica para o consumo de folhas, pôde-se verificar que a planta para a produção de sementes acumulou quantidade superior de todos os macronutrientes: 2,3 vezes a mais de nitrogênio; 2,0 de fósforo; 2,5 de potássio; 7,2 de cálcio; 4,6 de magnésio e 1,4 de enxofre, indicando que, quando se busca a produção de sementes de alface, a necessidade de macronutrientes é bem maior, portanto, a adubação deve ser diferente. Deve-se destacar a importância da calagem, pois tanto o cálcio como o magnésio foram os nutrientes com maior aumento no acúmulo.

6.4.2 Micronutrientes

A quantidade de boro, cobre, ferro, manganês e zinco acumulada na parte aérea total das plantas (caule + folhas + hastes florais + sementes) ao longo das épocas avaliadas tiveram tendências semelhantes em todos os tratamentos e ajustaram-se a função de Boltzmann (curva sigmoideal) demonstrada nas Tabelas 24 a 28. Em praticamente todas as épocas avaliadas, o T600 e o T800 foram aqueles que apresentaram maior acúmulo desses

nutrientes (Figuras 17 a 21). Ao contrário da massa seca da parte aérea total das plantas, houve aumento no acúmulo desses nutrientes mesmo após o florescimento, até o final do ciclo.

Baseado em T600 e T800, a curva de acúmulo indica que a maior demanda de boro ocorreu no período de início do pendoamento ao início do florescimento (49 aos 69 DAT), com uma média de $19 \mu\text{g dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ de B (Figura 17). Já para o cobre, a maior demanda desse nutriente ocorreu no período de início do florescimento até a colheita das sementes (69 aos 112 DAT), com uma média de $8 \mu\text{g dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ de Cu (Figura 18). A maior demanda para o ferro ($620 \mu\text{g dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ de Fe) ocorreu após o início do florescimento, entre os 69 e os 112 DAT (Figura 19) e para o manganês ($74 \mu\text{g dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ de Mn), entre o início do pendoamento até a colheita das sementes (49 aos 112 DAT) (Figura 20). A maior demanda de zinco ocorreu no período de início do pendoamento ao início do florescimento (49 aos 69 DAT), com uma média de $37 \mu\text{g dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ de Zn (Figura 21).

Quanto à quantidade de boro (Figura 17) acumulada na parte aérea total das plantas aos 112 DAT, a ordem decrescente da absorção desse nutriente entre os tratamentos foi: T600 ($1036 \mu\text{g planta}^{-1}$); semelhante ao T800 ($1029 \mu\text{g planta}^{-1}$); seguido de T400 ($772 \mu\text{g planta}^{-1}$); T200 ($750 \mu\text{g planta}^{-1}$) e T0 ($656 \mu\text{g planta}^{-1}$). Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes necessitou de 5%, 21%, 41% e 77% do total do boro acumulado ($1036 \mu\text{g planta}^{-1}$), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente (Figura 17), portanto, cerca de $\frac{1}{4}$ (23%) do boro foi absorvido após o início do florescimento (69 DAT), durante o período de maturação das sementes.

Tabela 24. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de boro acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	A_1	A_2	x_0	dx	R^2
T0 (0)	-10,6668	670,5023	57,1795	14,4148	0,99
T200 (200)	-48,2641	756,9147	49,7713	16,0033	0,99
T400 (400)	-8,5080	773,7569	46,8794	10,4213	0,99
T600 (600)	-25,7318	1054,0101	53,2078	14,1053	0,99
T800 (800)	-3,3064	1043,1105	54,3312	12,1910	0,99

R^2 = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que $x = (\text{kg ha}^{-1} \text{ de } \text{P}_2\text{O}_5)$

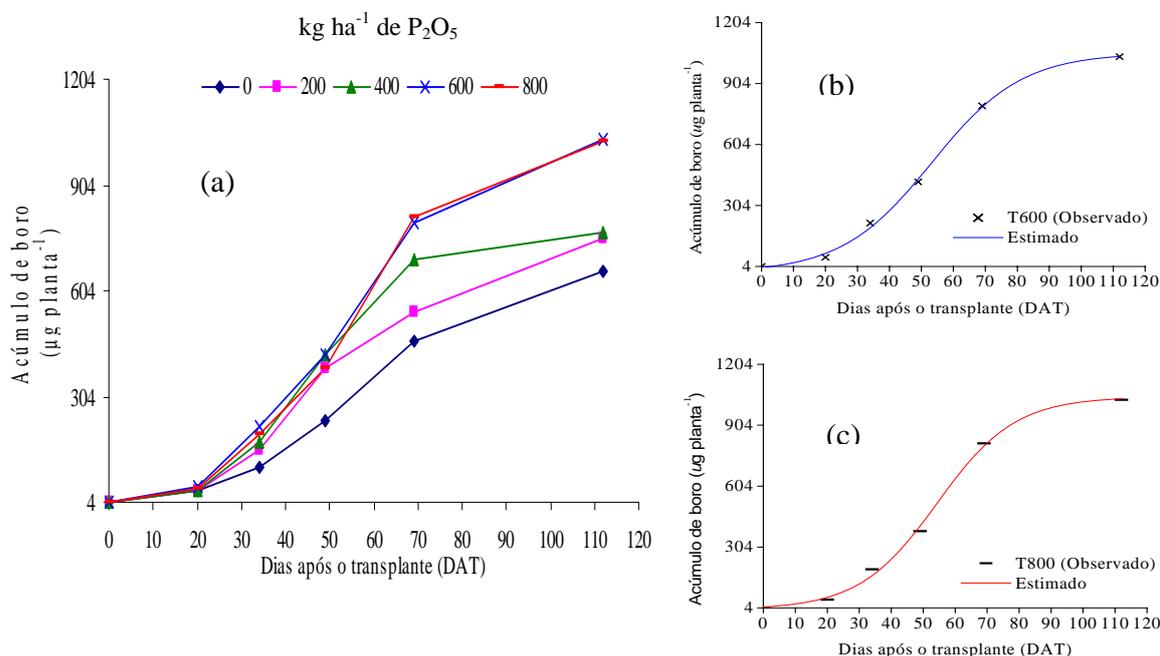


Figura 17. Quantidade de boro acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Para o cobre (Figura 18), a quantidade acumulada na parte aérea total das plantas foi crescente ao longo das épocas avaliadas, sendo maior aos 112 DAT, onde o acúmulo de cobre teve a seguinte ordem decrescente: T800 (662 $\mu\text{g planta}^{-1}$); T600 (618 $\mu\text{g planta}^{-1}$); T200 (404 $\mu\text{g planta}^{-1}$); T0 (367 $\mu\text{g planta}^{-1}$) e T400 (324 $\mu\text{g planta}^{-1}$). Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes necessitou de 4%, 10%, 27,5% e 47% do total do cobre acumulado (618 $\mu\text{g planta}^{-1}$), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente; portanto, cerca da metade do cobre (53%) foi absorvida após o florescimento, ou seja, a grande demanda foi no estágio reprodutivo da planta.

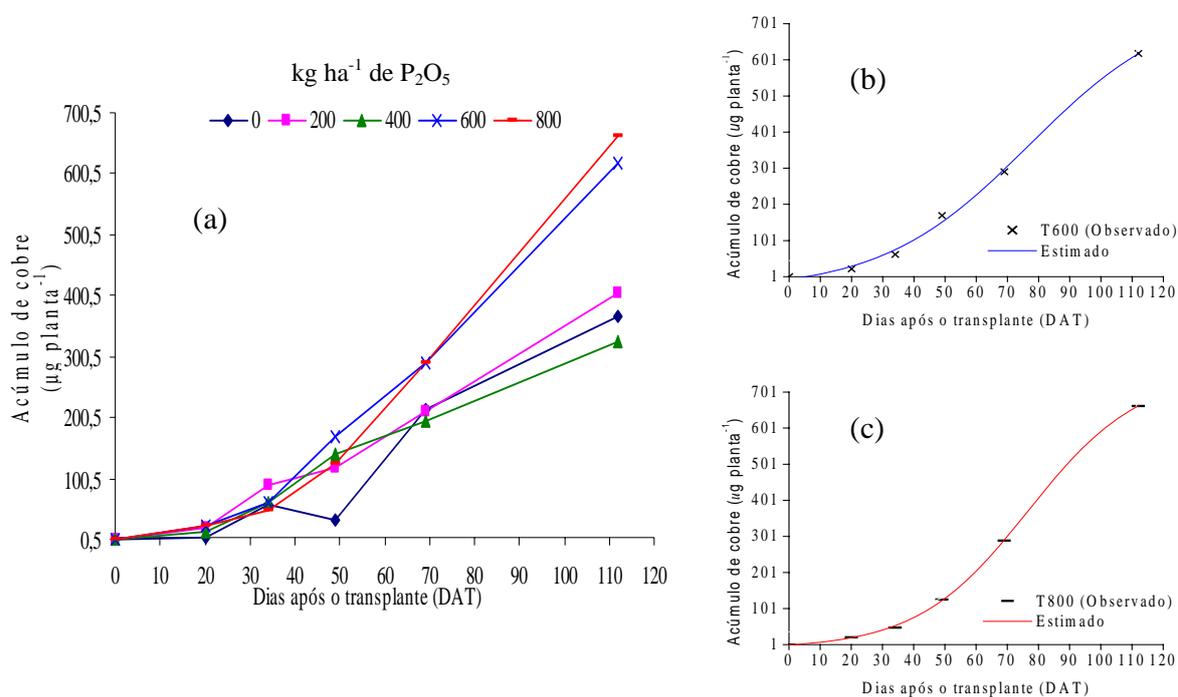


Figura 18. Quantidade de cobre acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P₂O₅ aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha⁻¹ (b) e 800 kg ha⁻¹ (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 25. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de cobre acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	15,4235	368,1883	67,2979	7,4632	0,98
T200 (200)	-58,6994	579,1616	79,4458	33,5422	0,99
T400 (400)	-39,4582	358,6459	58,0324	23,5568	0,98
T600 (600)	-36,7350	765,2195	76,9166	23,5905	0,99
T800 (800)	-10,5142	754,8891	76,7772	17,8011	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

Quanto ao ferro (Figura 19), a quantidade acumulada desse nutriente na parte aérea total das plantas aos 112 DAT teve a seguinte ordem decrescente da absorção entre os tratamentos: T800 (44533 $\mu\text{g planta}^{-1}$), seguido pelo T400 (43794 $\mu\text{g planta}^{-1}$), T600 (41213 $\mu\text{g planta}^{-1}$), T200 (32514 $\mu\text{g planta}^{-1}$) e T0 (25352 $\mu\text{g planta}^{-1}$). Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes necessitou de 0,6%, 3%, 12% e 26% da média total do ferro acumulado (42873 $\mu\text{g planta}^{-1}$), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente; portanto, a maior quantidade (74%) do ferro foi absorvida após o florescimento, ou seja, a grande demanda foi no estágio reprodutivo da planta.

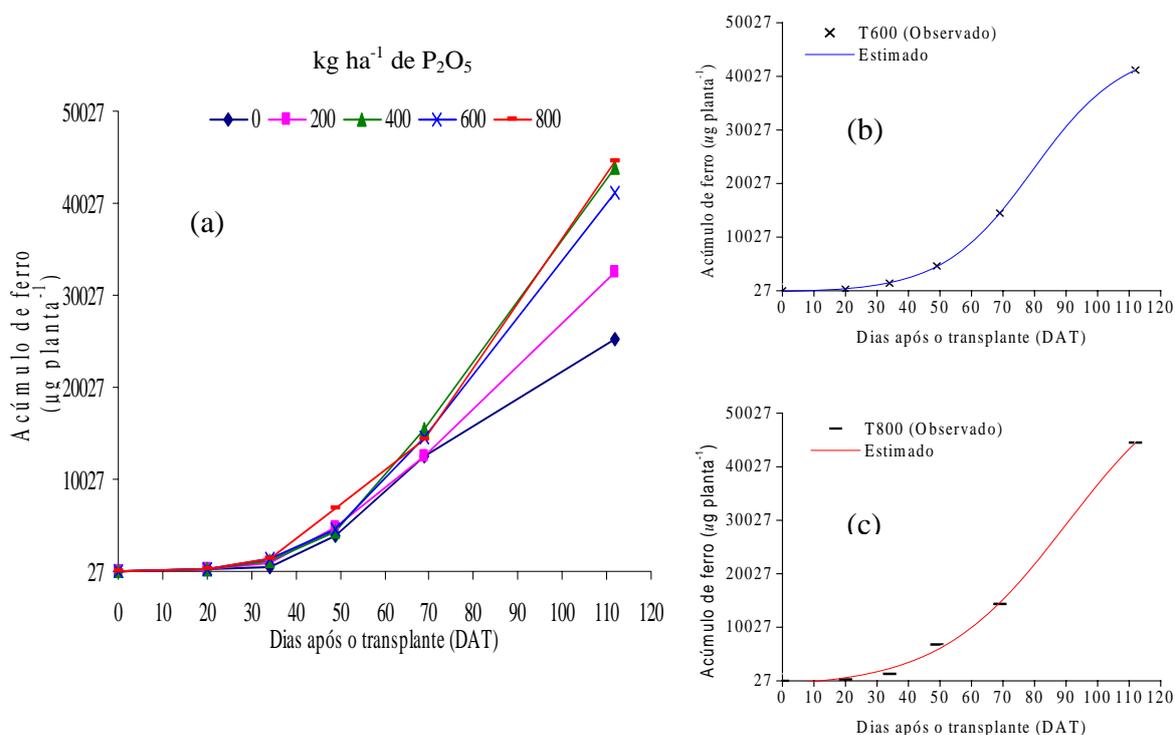


Figura 19. Quantidade de ferro acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 26. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de ferro acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	-263,1544	26025,4055	69,4195	11,7529	0,99
T200 (200)	-476,8763	36015,9025	77,9417	15,2011	0,99
T400 (400)	-216,0129	46852,3412	77,9488	12,7719	0,99
T600 (600)	-281,8558	45499,5220	79,5117	14,3138	0,99
T800 (800)	-1217,9909	60058,6242	90,2364	20,1603	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação: , em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

Para o manganês (Figura 20), a quantidade acumulada na parte aérea total das plantas foi crescente ao longo das épocas avaliadas, sendo maior aos 112 DAT, onde o acúmulo desse nutriente na parte aérea total das plantas teve a seguinte ordem decrescente: T600 (6028 µg planta⁻¹); T800 (5798 µg planta⁻¹); T400 (4539 µg planta⁻¹); T200 (4026 µg planta⁻¹) e T0 (2789 µg planta⁻¹). Baseado em T600 e T800, a alfaca para a produção de sementes necessitou de 2%, 12%, 23% e 47% do total do manganês acumulado (6028 µg planta⁻¹), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente. Assim como para o cobre, também para o manganês, cerca da metade (53%) foi absorvida após o florescimento, ou seja, a grande demanda foi no estágio reprodutivo da planta.

Tabela 27. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de manganês acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	A ₁	A ₂	x ₀	dx	R ²
T0 (0)	1,0898	2871,9987	63,4817	13,6291	0,99
T200 (200)	-8,2781	4098,0809	59,6281	12,5212	0,99
T400 (400)	-218,3754	5085,2838	68,8084	20,0145	0,99
T600 (600)	-234,4051	7137,2198	75,7901	20,9311	0,99
T800 (800)	-341,7771	7099,5771	76,5869	22,9096	0,99

R² = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação: , em que x = (kg ha⁻¹ de P₂O₅)

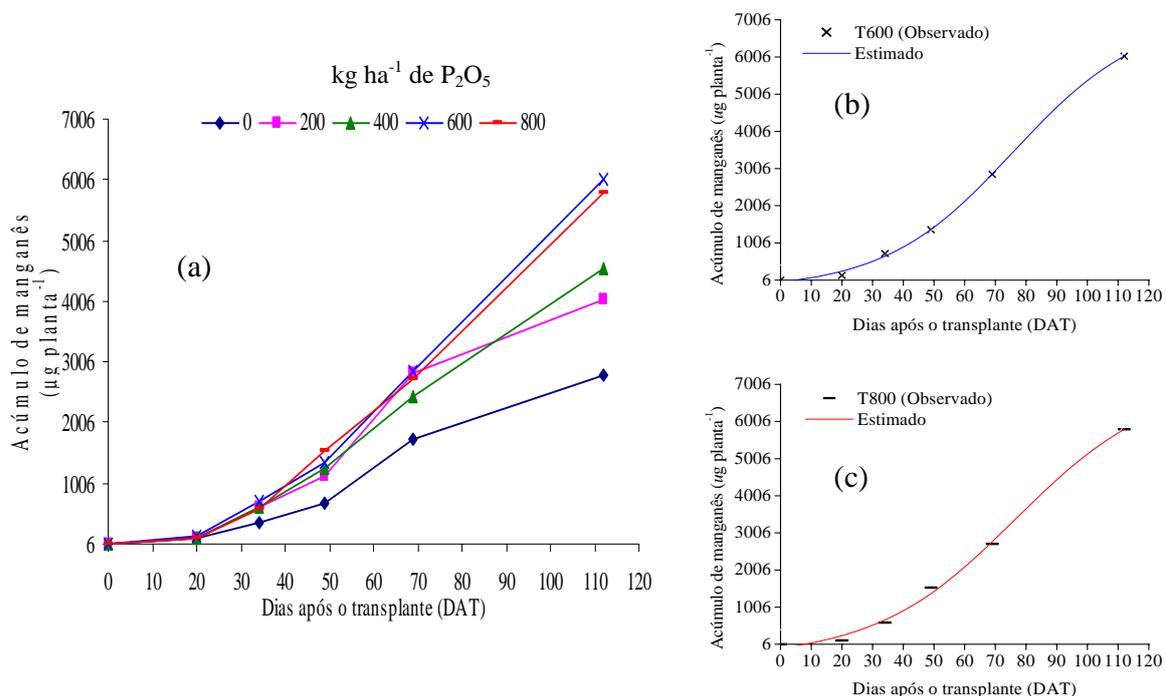


Figura 20. Quantidade de manganês acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Quanto ao zinco (Figura 21), a quantidade acumulada desse nutriente na parte aérea total das plantas aos 112 DAT, teve a seguinte ordem decrescente da absorção entre os tratamentos: T600 (2329 $\mu\text{g planta}^{-1}$) semelhante ao T800 (2309), seguido pelo T400 (1319), T200 (1250) e T0 (1241) $\mu\text{g planta}^{-1}$. Baseado em T600 e T800, a alface para a produção de sementes necessitou de 2%, 9,6%, 18% e 50% do total do zinco acumulado (2329 $\mu\text{g planta}^{-1}$), aos 20, 34, 49 e 69 DAT respectivamente. A metade (50%) do zinco foi absorvida após o florescimento, ou seja, a grande demanda foi no estágio reprodutivo da planta. Provavelmente essa tendência do zinco se deva ao alongamento da haste floral no pendoamento, pelo fato deste elemento ser essencial para a síntese do triptofano que, por sua vez, ser o precursor do ácido indol acético (AIA), hormônio de crescimento com função de também promover alongamento de segmentos de caules (MALAVOLTA et al., 1997; TAIZ & ZEIGER, 2004).

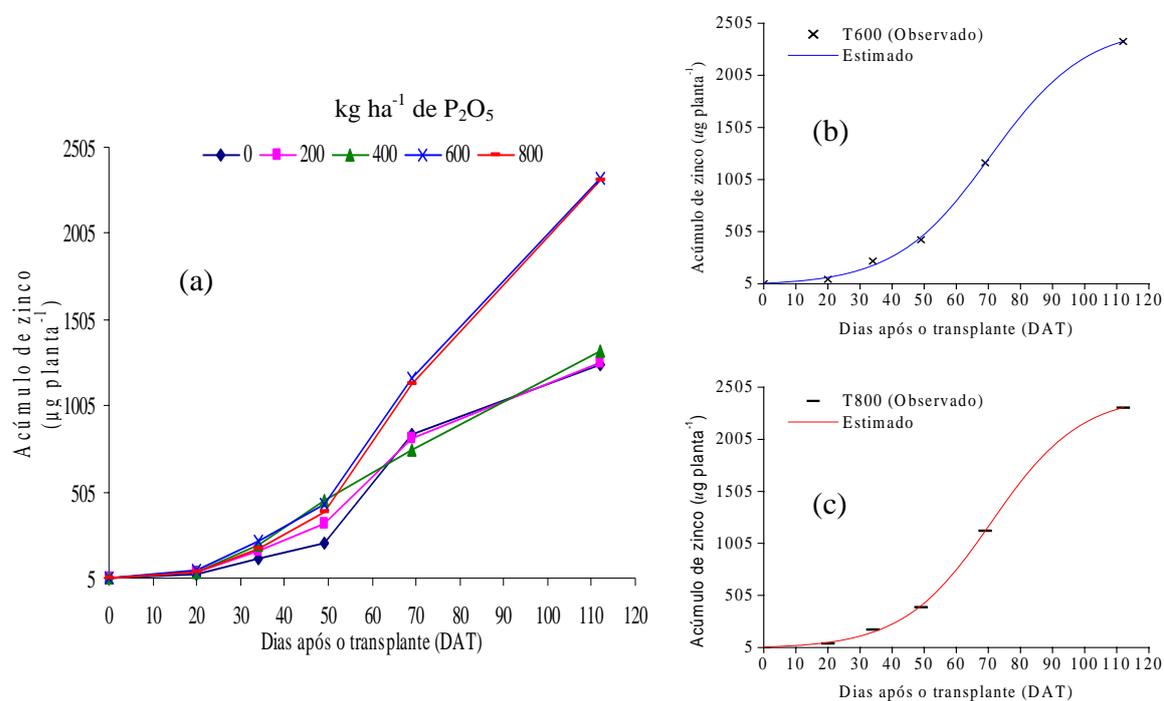


Figura 21. Quantidade de zinco acumulada na parte aérea total da alface observada do transplante até a produção de sementes para as doses de P_2O_5 aplicadas (a) e estimada para as doses de 600 kg ha^{-1} (b) e 800 kg ha^{-1} (c). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tabela 28. Parâmetros da equação não linear ajustada para a quantidade de zinco acumulada na parte aérea total das plantas em cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003 a 2004.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	A_1	A_2	x_0	dx	R^2
T0 (0)	28,6026	1246,9634	63,1121	8,6955	0,99
T200 (200)	0,6085	1278,8496	62,2281	12,9660	0,99
T400 (400)	-93,6426	1467,4464	64,6339	21,2581	0,99
T600 (600)	-11,2808	2472,9470	70,6926	14,7821	0,99
T800 (800)	-5,6827	2429,1969	71,0059	13,8416	0,99

R^2 = coeficiente de determinação.

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + e^{(x-x_0)/dx}} + A_2$$

Equação:

, em que $x = (\text{kg ha}^{-1}$ de $\text{P}_2\text{O}_5)$

Pode-se observar pelas curvas de absorção dos nutrientes que os tratamentos T600 e T800 foram aqueles que apresentaram a maior absorção dos nutrientes e, talvez por isso, foram os que produziram a maior quantidade de sementes, como será visto posteriormente.

De modo geral, a absorção dos nutrientes foi crescente ao longo do ciclo em todos os tratamentos, seguindo a mesma tendência do que ocorreu com a massa verde e a massa seca da parte aérea total das plantas (Figuras 7 e 9). Porém, alguns micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) apresentaram de um modo geral, maior acúmulo na fase final do ciclo, após o florescimento.

Lott et al. (1995) descrevem que frequentemente, a maioria do potássio, magnésio, cálcio, manganês, ferro e zinco encontrados nas sementes estão associados com o ácido fítico via associações iônicas com a carga negativa dos grupos fosfatos e são utilizados na maturação das sementes. Com a germinação, a fitina é degradada pela ação da fitase, uma fosfatase, e então esses cátions são mobilizados para regiões de crescimento da plântula para serem utilizados no metabolismo. Com isso, pode-se explicar a alta demanda desses nutrientes, em especial para os micronutrientes a partir do início do florescimento, lembrando que no caso do zinco, ocorreu maior absorção entre o início do pendoamento até o final do ciclo, explicado anteriormente devido ao rápido crescimento do caule e pela sua participação na maturação das sementes.

Quanto ao cobre, a maior demanda no estágio reprodutivo deve-se a sua importância na formação da antera, pois em deficiência, segundo Marschner (1995) observou-se um número bem menor de grãos de pólen por antera e particularmente a inviabilidade do pólen, além de afetar muito mais a formação de sementes e frutos do que o crescimento vegetativo.

O boro e o zinco apresentaram cerca de $\frac{3}{4}$ do acúmulo após o florescimento, e apenas 25% do boro e 50% do zinco antes do florescimento. Quanto ao boro, a sua função no crescimento do tubo polínico, é o principal fator responsável pela sua maior demanda durante o estágio reprodutivo do que no desenvolvimento vegetativo da planta. Há relatos de que em baixo suprimento de boro à planta, ocorre inibição do florescimento e do desenvolvimento da semente (MARSCHNER, 1995).

No caso dos micronutrientes, em especial ao cobre, ferro, manganês e zinco, mais de 50% desse nutrientes acumulados ocorrem a partir do florescimento. Isso nos indica a necessidade de se manejar a adubação de forma a complementar esses micronutrientes num período que antecede este estágio.

Pelo fato de não ter sido encontrado trabalho sobre curvas de acúmulo de micronutrientes pela planta de alface para a produção de sementes, procurou-se comparar esse acúmulo com a alface para o consumo de folhas.

Baseado em T600 e T800, a média da quantidade de micronutrientes acumulados na parte aérea total das plantas de alface para a produção de sementes no final do ciclo, em ordem decrescente e em $\mu\text{g planta}^{-1}$, foi: 42873 > 5913 > 2319 > 1033 > 640, de ferro > manganês > zinco > boro > cobre, respectivamente, sendo cerca de 1,6 vez a mais de boro; 4,3 vezes de cobre; 10,3 vezes de ferro; 3,4 vezes de manganês e 0,9 vez de zinco em relação ao cultivo de alface para consumo de folhas, conforme Ferreira et al. (1993). Constatou-se que quando se busca a produção de sementes de alface, a necessidade de micronutrientes é maior.

6.5 Acúmulo dos nutrientes no caule + folhas + hastes florais, nas sementes e na parte aérea total das plantas no final do ciclo

6.5.1 Acúmulo de macronutrientes no caule + folhas + hastes florais

Houve diferença entre os tratamentos para o acúmulo dos macronutrientes no caule + folhas + hastes florais no final do ciclo. A resposta foi linear para todos os nutrientes, indicando aumento conforme o acréscimo de P_2O_5 no solo (Figura 22). Apesar da equação linear ter sido significativa, observa-se pelos dados originais que o incremento ocorrido entre 600 e 800 kg ha^{-1} de P_2O_5 foi pequeno, sugerindo que possivelmente do ponto de vista econômico, esta dose deva ser melhor avaliada.

Grant et al. (2001) comenta que com menor área foliar, causada pela deficiência de fósforo, há menor captação da radiação solar e, conseqüentemente, menos

carboidratos, afetando a subsequente emergência das raízes e reduzindo a capacidade de absorção de fósforo pela planta.

A ordem decrescente média do acúmulo dos macronutrientes encontrados no caule + folhas + hastes florais foi: potássio > cálcio > nitrogênio > magnésio > fósforo > enxofre. Esse maior acúmulo de potássio no caule, folhas e hastes florais também foi observado para a alface 'Verônica' no ponto comercial, porém, em quantidades menores, nessa mesma cultivar por Beninni (2002) e Grangeiro et al. (2006).

6.5.2 Acúmulo de micronutrientes no caule + folhas + hastes florais

O acúmulo de micronutrientes no caule + folhas + hastes florais no final do ciclo também apresentou aumento linear com as doses crescentes de P_2O_5 , seguindo a mesma tendência dos macronutrientes e da massa seca da parte aérea das plantas (Figura 23).

A ordem decrescente média da quantidade acumulada dos micronutrientes foi: ferro > manganês > zinco > boro > cobre. Essa maior absorção de ferro e manganês pelo caule + folhas + hastes florais, também foi observado por Furlani (1997) no ponto comercial da alface cultivar Verônica que obteve a seguinte ordem decrescente do acúmulo: ferro > manganês > boro > zinco > cobre e por Agapito et al. (1997) em quatro cultivares de alface que foi de: ferro > manganês > zinco > cobre.

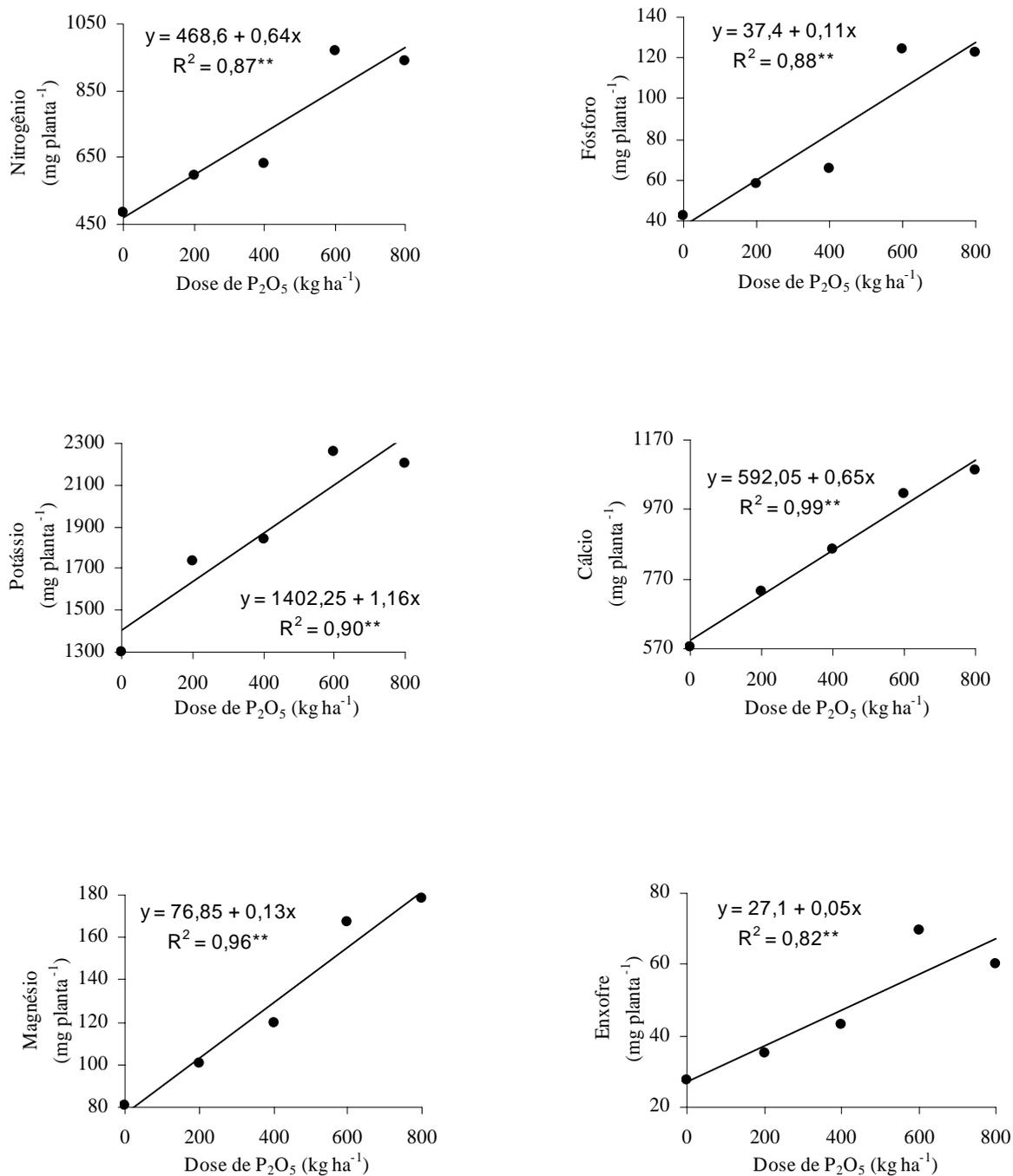


Figura 22. Quantidade acumulada de macronutrientes no caule + folhas + hastes florais da planta de alface no final do ciclo para a produção de sementes, em função das doses de P_2O_5 . FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

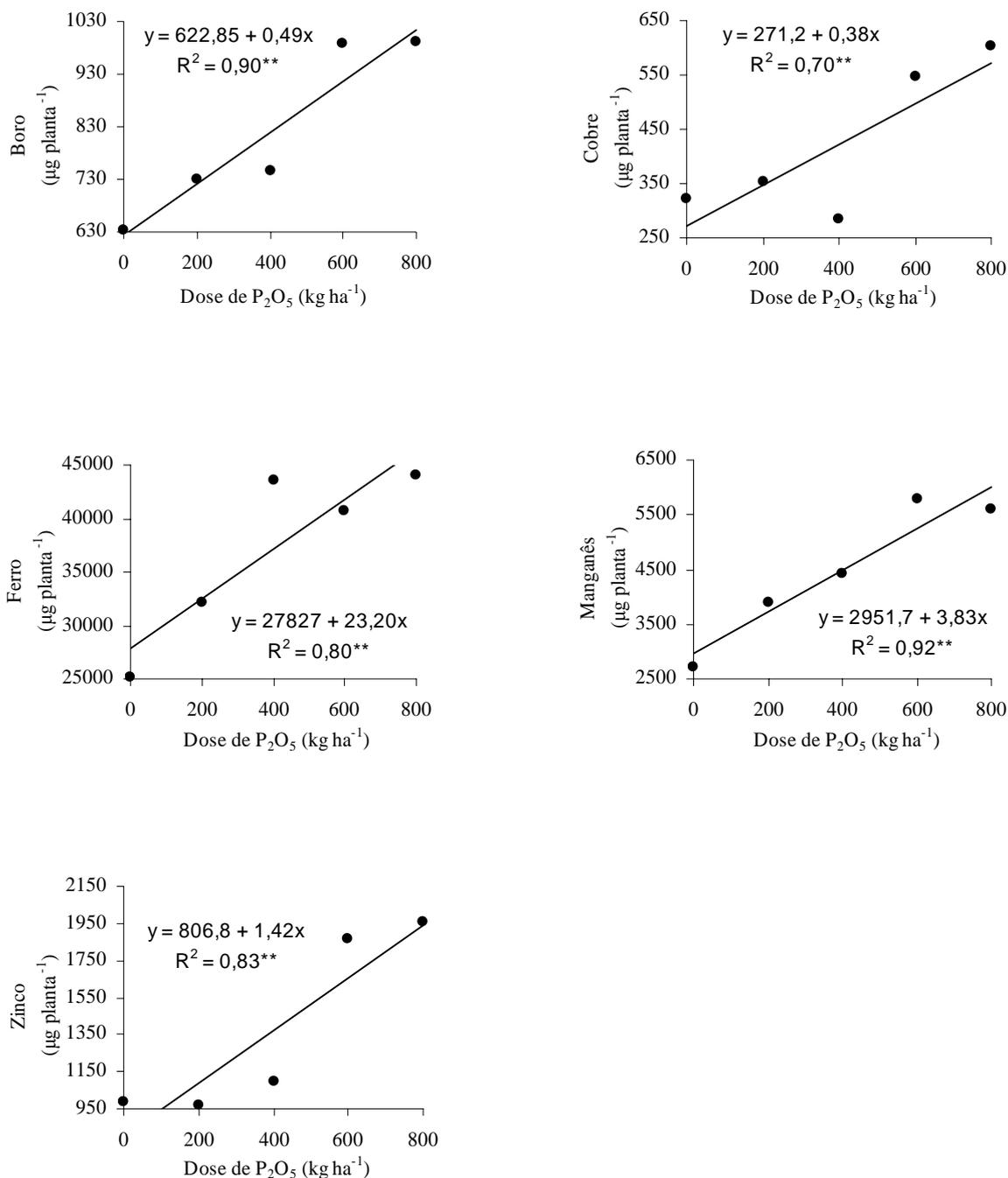


Figura 23. Quantidade acumulada de micronutrientes no caule + folhas + hastes florais da planta de alface no final do ciclo para a produção de sementes, em função das doses de P_2O_5 . FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.5.3 Acúmulo de macronutrientes nas sementes

Observou-se aumento linear para o acúmulo de todos os macronutrientes nas sementes (Figura 24) com o aumento na dose de P_2O_5 . Provavelmente, o acúmulo crescente dos macronutrientes pelas sementes em função do incremento no fornecimento de fósforo, deva-se ao aumento linear na produção de sementes, conforme será visto posteriormente.

A ordem decrescente média da quantidade dos macronutrientes acumulados nas sementes foi: nitrogênio > fósforo > potássio > magnésio > cálcio > enxofre, podendo observar maior exigência relativa de fósforo e nitrogênio nas sementes do que na parte aérea dessas plantas ao final do ciclo. Já o cálcio, que apresentou maior quantidade nos outros órgãos da parte aérea da planta, foi relativamente pouco acumulado nas sementes, provavelmente por ser um elemento pouco móvel dentro da planta e, portanto, seu acúmulo na semente deve ter ocorrido apenas por absorção e transporte durante a maturação das sementes, sem redistribuição das folhas em senescência.

O maior acúmulo de nitrogênio nas sementes em relação aos demais macronutrientes também foi verificado por Vieira (1986) em sementes de feijão.

6.5.4 Acúmulo de micronutrientes nas sementes

Observou-se aumento linear para o acúmulo de todos os micronutrientes nas sementes (Figura 25) com o aumento na dose de P_2O_5 . Provavelmente, o acúmulo crescente dos micronutrientes pelas sementes em função dos tratamentos, deva-se ao aumento linear na produção de sementes com o aumento nas doses de fósforo, conforme será visto posteriormente.

A ordem decrescente média da quantidade dos micronutrientes acumulados nas sementes foi: ferro > zinco > manganês > cobre > boro.

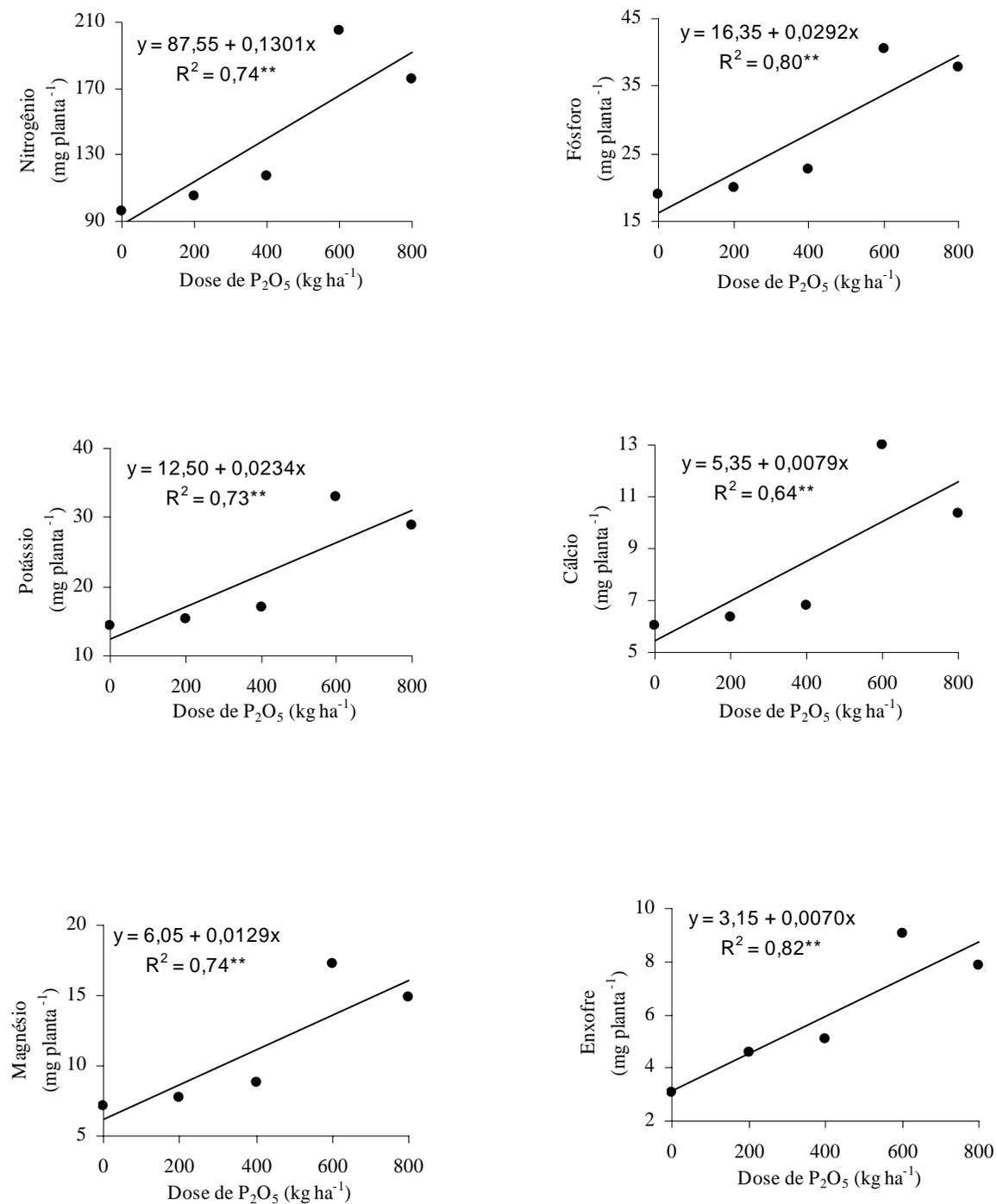


Figura 24. Quantidade acumulada de macronutrientes nas sementes de alfafa, em função das doses de P_2O_5 . FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

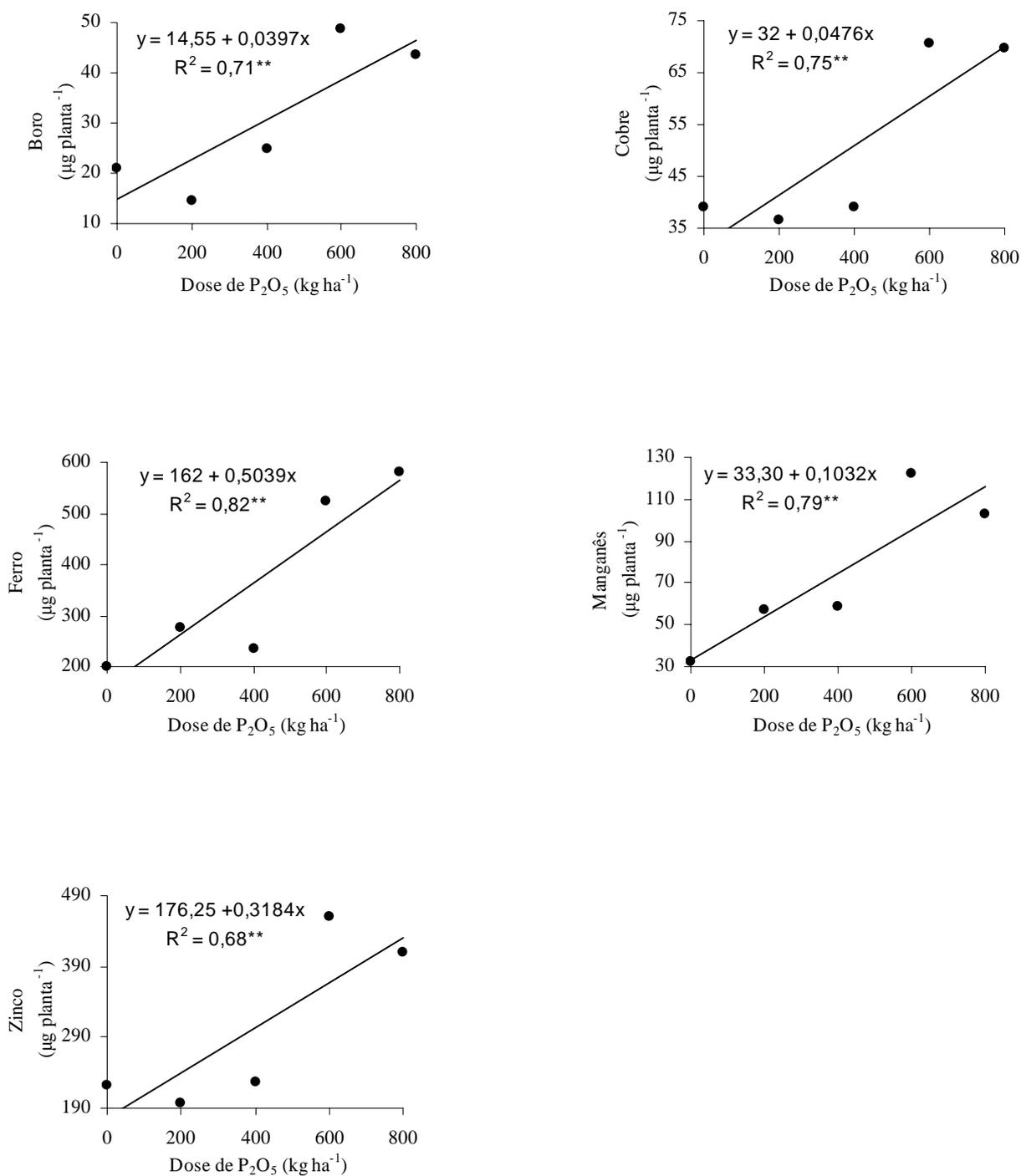


Figura 25. Quantidade acumulada de micronutrientes nas sementes de alface, em função das doses de P_2O_5 . FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.5.5 Acúmulo de macronutrientes na parte aérea total da planta

Houve aumento linear no acúmulo de todos os macronutrientes na parte aérea da planta (folhas + caule + hastes florais + sementes), no final do ciclo, com o aumento na dose de P_2O_5 (Figura 26), coincidindo com o aumento de massa seca da parte aérea total das plantas (Figura 10) e com o aumento na produção de sementes (Figura 32).

Pela Figura 26, observa-se que a cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , ou seja, $(2,2 \text{ g planta}^{-1} \text{ de P})$, a planta absorveu cerca de apenas $14,3 \text{ mg planta}^{-1} \text{ de P}$, demonstrando a baixa eficiência de aproveitamento do fósforo aplicado no solo pela planta.

6.5.6 Acúmulo de micronutrientes na parte aérea total da planta

Houve aumento linear no acúmulo de todos os micronutrientes na parte aérea da planta (folhas + caule + hastes florais + sementes), com o aumento na dose de P_2O_5 (Figura 27), no final do ciclo, coincidindo com o aumento de massa seca da parte aérea total das plantas (Figura 10) e com o aumento na produção de sementes (Figura 32).

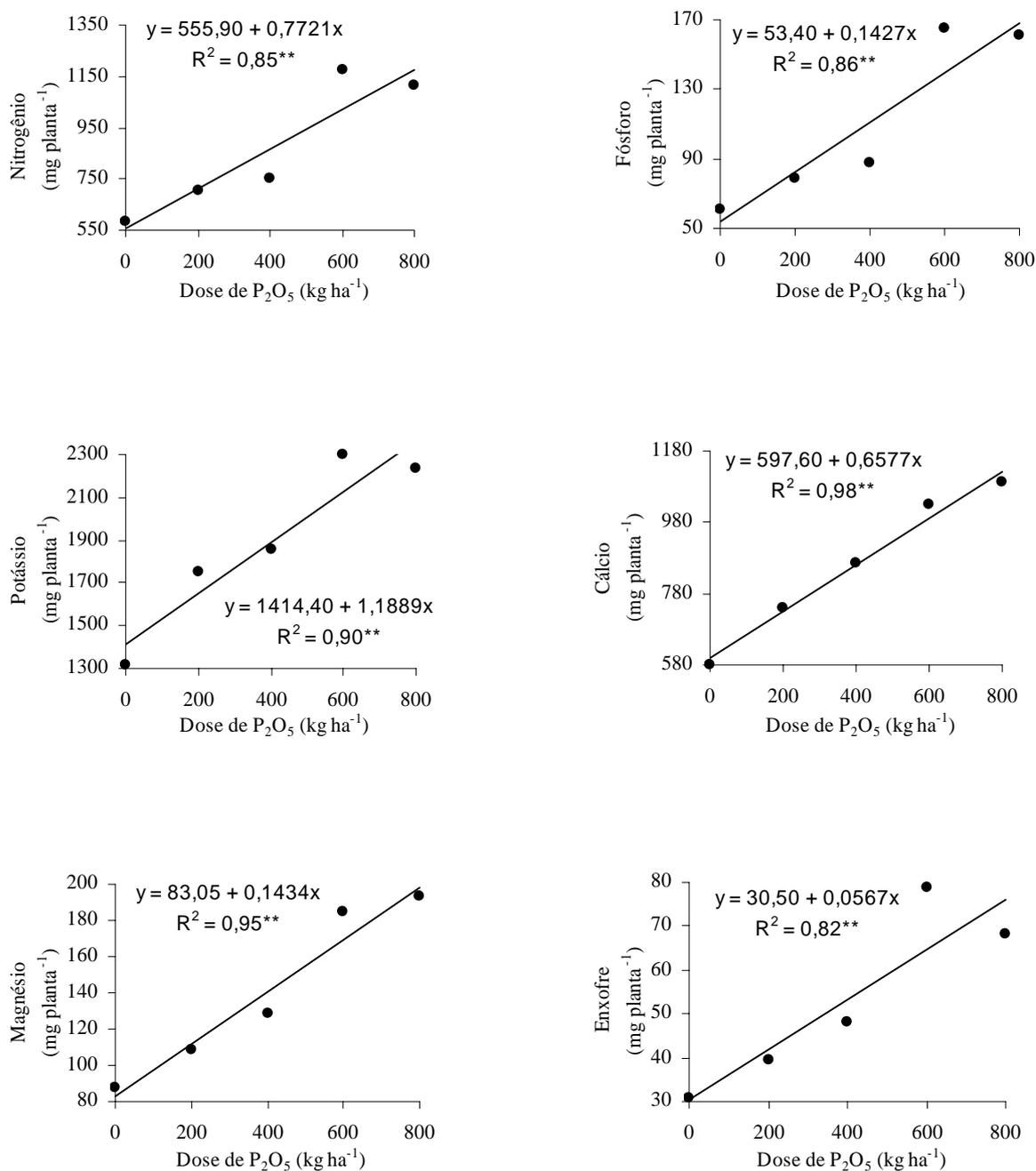


Figura 26. Quantidade acumulada de macronutrientes na parte aérea da planta de alface no final do ciclo para a produção de sementes, em função das doses de P_2O_5 . FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

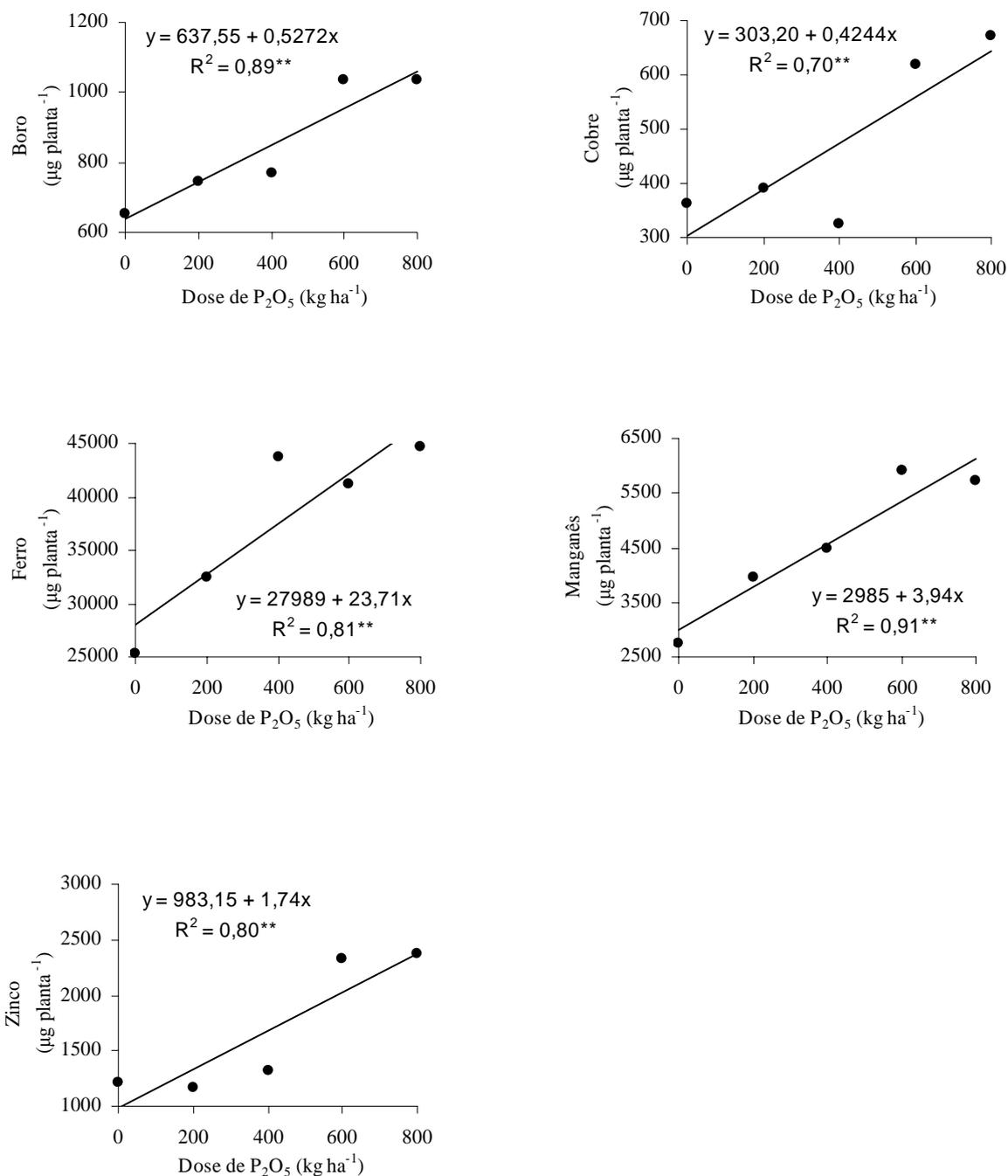


Figura 27. Quantidade acumulada de micronutrientes na parte aérea da planta de alface no final do ciclo para a produção de sementes, em função das doses de P_2O_5 . FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.6 Análise química para a diagnose foliar

Realizou-se a análise química das plantas de todos os tratamentos na fase de diagnose foliar (20 DAT) com o objetivo de avaliar o estado nutricional (Tabela 29). Conforme Raij et al. (1996), quanto aos macronutrientes, os teores foliares de nitrogênio e de potássio foram adequados para todos os tratamentos, pois estiveram na faixa de 30 a 50 g kg⁻¹ de N e 50 a 80 g kg⁻¹ de K. Os teores de fósforo foram adequados apenas para o T400, T600 e T800, ressaltando-se que o T400 (400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) é a quantidade recomendada por Raij et al. (1996), para o teor de P presente no solo utilizado no experimento, para a planta de alface para consumo de folhas, pois recomenda-se que o teor esteja na faixa de 4 a 7 g kg⁻¹ de P. Os teores de cálcio foram adequados apenas para o T200, T600 e T800, pois foram os tratamentos que tiveram teor na faixa de 15 a 25 g kg⁻¹ de Ca. Quanto ao magnésio, todos os tratamentos tiveram teor abaixo da faixa considerada adequada (4 a 6 g kg⁻¹). Os teores de enxofre foram adequados para todos os tratamentos, pois apresentaram teor de 1,5 a 2,5 g kg⁻¹ de S, exceto para o T0.

Em relação aos micronutrientes (Tabela 30), os teores de boro e de zinco estiveram abaixo da faixa considerada adequada (30 a 60 e 30 a 100 mg kg⁻¹ para boro e zinco respectivamente). Os teores de cobre foram adequados (estiveram entre 7 a 20 mg kg⁻¹) exceto para o T0. Quanto ao ferro, os teores foram adequados para o T0, T400 e T800, pois o T200 e T600 apresentaram teores um pouco acima da faixa adequada (50 a 150 mg kg⁻¹). Os teores de manganês foram adequados para todos os tratamentos (estiveram dentro de 30 a 150 mg kg⁻¹). Portanto, apesar de o solo, no final do experimento, apresentar teores baixos para todos os micronutrientes, a planta conseguiu absorver a quantidade suficiente da maioria destes, pelo menos até este estágio da planta, onde existem referências. Percebeu-se, ainda, que a maior absorção ocorreu após o início do pendoamento.

Tabela 29. Teor foliar de macronutrientes contidos na folha diagnóstica da planta de alface coletada aos 20 dias após o transplante. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
T0 (0)	32	2,1	57	13	3,1	1,3
T200 (200)	35	3,3	59	15	3,5	2,0
T400 (400)	36	4,0	63	14	3,4	2,1
T600 (600)	37	4,8	64	15	3,6	2,1
T800 (800)	37	5,0	62	16	3,6	1,9

Média de cinco repetições por tratamento.

Tabela 30. Teor foliar de micronutrientes contidos na folha diagnóstica da planta de alface coletada aos 20 dias após o transplante. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2003.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg kg ⁻¹ -----				
T0 (0)	25	1,5	142	76	23
T200 (200)	25	11,5	167	67	23
T400 (400)	25	7,7	122	60	23
T600 (600)	24	10,6	153	66	24
T800 (800)	23	11,2	143	59	23

Média de cinco repetições por tratamento.

6.7 Teores de nutrientes encontrados no caule + folhas + hastes florais e nas sementes no final do ciclo

6.7.1 Teor de macronutrientes no caule + folhas + hastes florais

As doses de P₂O₅ utilizadas influenciaram os teores de fósforo, potássio e cálcio encontrados no caule + folhas + hastes florais das plantas (Figura 28), mas não afetaram os teores de nitrogênio, magnésio e enxofre (Tabela 31).

O teor de fósforo aumentou linearmente com o aumento do fornecimento de P₂O₅ às plantas (Figura 28), demonstrando a resposta à adubação fosfatada

pela planta de alface para a produção de sementes. Já para potássio e cálcio, o teor diminuiu em função dos tratamentos, nessas partes da planta, obtendo-se os menores teores na maior dose de P_2O_5 .

A explicação para o que ocorreu para esses nutrientes pode ser explicado pelo efeito de diluição, ou seja, a adição de fósforo no solo favoreceu o desenvolvimento da planta e com isso, o cálcio e potássio diluíram por uma massa maior da planta.

O aumento no teor de fósforo nas plantas em função de doses crescentes deste elemento fornecido no solo também foi verificado em plantas de alface para consumo de folhas, por Claassens (1994), Sanchez & El Hout (1995) e Arruda Júnior et al. (2005) e em plantas de milho pipoca por Fornasieri Filho et al. (1988).

A diminuição no teor de potássio com o aumento do fornecimento de fósforo no solo (Figura 28) também foi verificado em alface para consumo de folhas por Claassens (1994).

A ordem decrescente do teor dos macronutrientes obtidos no caule, nas folhas e hastes florais das plantas foi: potássio > cálcio ~ nitrogênio > magnésio > fósforo > enxofre. Ressalta-se que além do que tinha no solo, potássio, cálcio e nitrogênio (os três nutrientes com os maiores teores), foram os únicos nutrientes fornecidos pela adubação de cobertura. Beninni (2002) também verificou o maior teor de potássio em plantas de alface cultivar Verônica (para o consumo de folhas) seguido pelo teor de nitrogênio, cálcio, fósforo, enxofre e magnésio.

Ao comparar esses teores obtidos na parte aérea das plantas para a produção de sementes com os apresentados por Raji et al. (1996) nas folhas de alface para o consumo, observa-se que os teores de nitrogênio (Tabela 31) e fósforo (Figura 28) obtidos foram superiores. Já o teor de potássio esteve abaixo da faixa considerada ideal por esses autores, provavelmente por ter considerado a planta inteira para a análise química. Já os teores de cálcio (Figura 28), magnésio e enxofre (Tabela 31) deste experimento estiveram próximos aos relatados por esses autores. Com isso, nota-se que, apesar do aumento do ciclo ocasionado em plantas para a produção de sementes, os teores foram bem próximos àqueles encontrados em alface para o consumo de folhas.

Cardoso (2005) obteve teores médios (em g kg^{-1}) de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre de 12,7; 1; 22; 12; 2,8 e 1, respectivamente em plantas de alface cultivar Verônica, também na parte aérea da planta (caule + folhas + hastes florais), no final do ciclo, para a produção de sementes, valores semelhantes àqueles obtidos neste experimento, com exceção para o teor de potássio que foi inferior à média encontrada neste experimento.

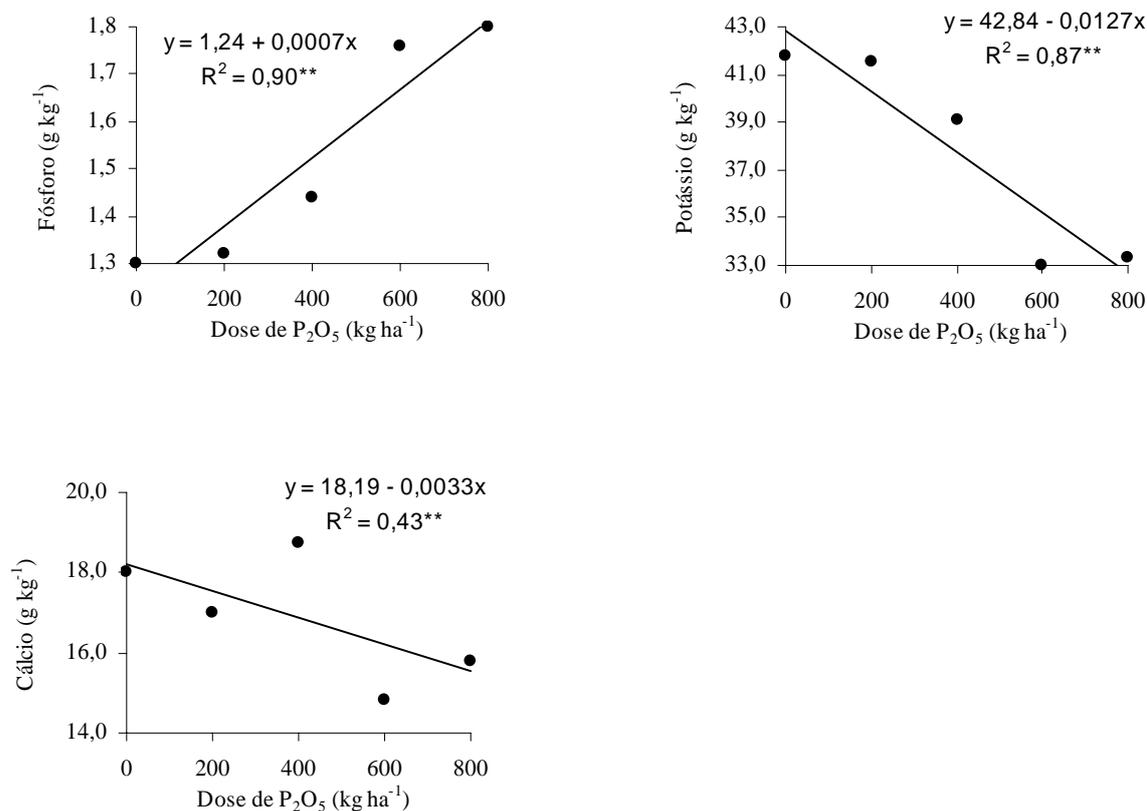


Figura 28. Teor de fósforo, potássio e cálcio encontrado no caule + folhas + hastes florais da planta de alface no final do ciclo para a produção de sementes, em função das doses de P_2O_5 . FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tabela 31. Teor de nitrogênio, magnésio e enxofre (g kg^{-1}) e de ferro e manganês (mg kg^{-1}) obtidos no caule + folhas + hastes florais das plantas de alface no final do ciclo para a produção de sementes, em função dos tratamentos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha^{-1} de P_2O_5)	N	Mg	S	Fe	Mn
T0 (0)	15	2,5	0,9	783	83
T200 (200)	14	2,3	0,8	757	88
T400 (400)	15	2,5	0,9	920	96
T600 (600)	14	2,4	1,0	632	89
T800 (800)	14	2,6	0,9	667	84
F	0,79 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,62 ^{ns}	2,70 ^{ns}	1,21 ^{ns}
CV (%)	10,1	8,3	11,0	20,4	11,5

Média de cinco repetições por tratamento; ns = não significativo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

6.7.2 Teor de micronutrientes no caule + folhas + hastes florais

No final do ciclo, as doses de P_2O_5 utilizadas não influenciaram estatisticamente nos teores de ferro e de manganês obtidos no caule + folhas + hastes florais das plantas (Tabela 31).

O teor de boro diminuiu linearmente com o aumento da dose, enquanto o teor de cobre e de zinco respondeu de forma quadrática inversa (Figura 29). Deve-se, no entanto considerar que apesar das curvas serem significativas, os valores observados são muito próximos como é o caso do cobre que variou de 6 a 10 mg kg^{-1} .

Claassens (1994) verificou que o teor de micronutrientes em alface para consumo de folhas nas doses com baixo fornecimento de fósforo também foi maior e atribuíram isso ao efeito de concentração, devido as menores produções de massa verde pela planta nessas doses.

A ordem decrescente dos teores dos micronutrientes encontrados no caule + folhas + hastes florais foi: ferro > manganês > zinco > boro > cobre.

Os teores de boro, cobre, manganês e zinco obtidos na parte aérea das plantas foram semelhantes àqueles teores apresentados por Raij et al. (1996) em folhas de alface para consumo, com exceção para o ferro em que o teor foi cerca de 8 vezes superior ao

maior valor da faixa considerada ideal por esses autores (mesmo com teor de ferro baixo no solo).

O fósforo promove inibição não competitiva com o zinco (MALAVOLTA et al., 1997); dessa forma, a adubação fosfatada reduziu os teores de zinco ao compará-los com o teor de zinco no T0.

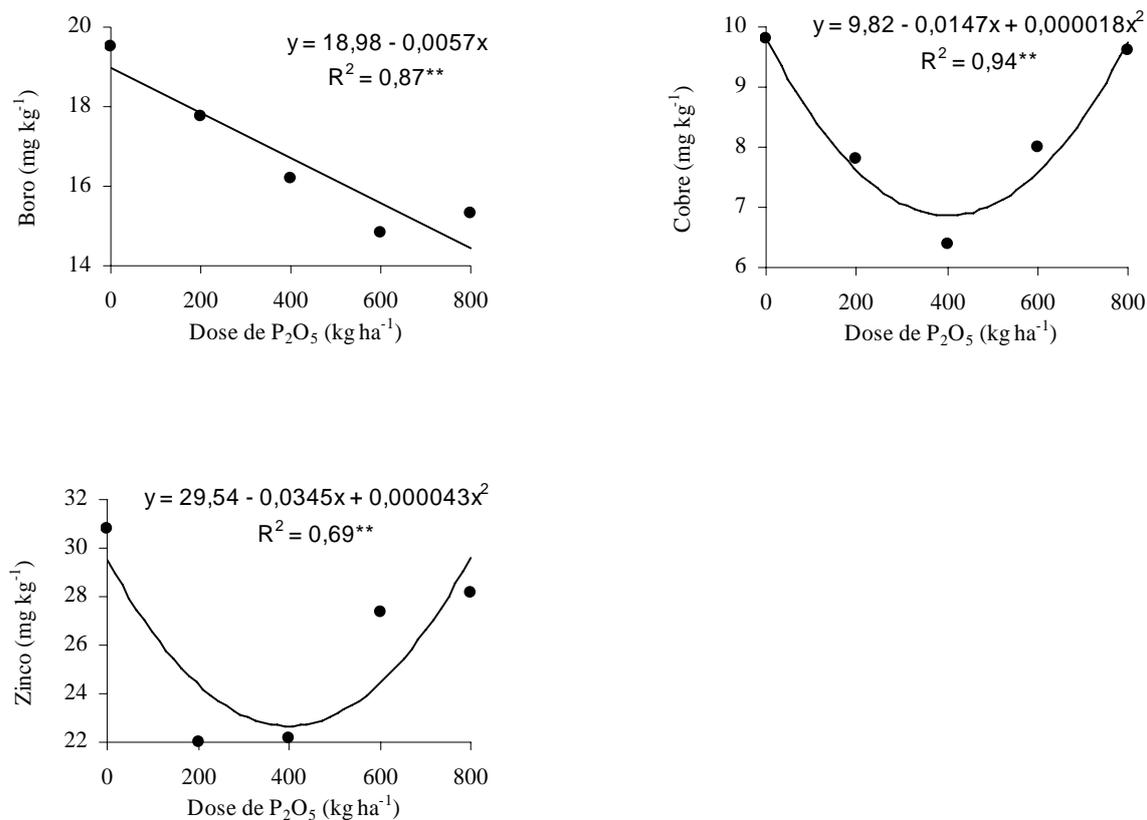


Figura 29. Teor de boro, cobre e zinco encontrado no caule + folhas + hastes florais da planta de alface no final do ciclo para a produção de sementes, em função das doses de P₂O₅. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.7.3 Teor de macronutrientes nas sementes

Não houve efeito significativo de doses de P₂O₅ para os teores de fósforo, potássio e cálcio (Tabela 32), apenas para os teores de nitrogênio, magnésio e enxofre

(Figura 30). Os três nutrientes que não tiveram seus teores afetados pelas doses de P_2O_5 (fósforo, potássio e cálcio) foram justamente os três em que havia diferença nos teores no caule + folhas + hastes florais (Figura 28), demonstrando que os teores desses nutrientes se igualaram nas sementes.

A resposta do teor de nitrogênio e de enxofre nas sementes em função dos tratamentos foi quadrática. Em feijão, Zucareli (2005) também obteve resposta quadrática quanto ao teor de enxofre em sementes com o acréscimo de doses de P_2O_5 no solo e Vieira (1986) e Silva & Vahl (2002) obtiveram diminuição no teor de nitrogênio nas sementes com o aumento de fósforo no solo. Ressalta-se o teor mais alto de enxofre e, principalmente, de nitrogênio nas sementes (Figura 30) em comparação com o restante da parte aérea da planta (Tabela 31).

Já, quanto ao teor de magnésio, houve aumento linear em função das doses de P_2O_5 . O magnésio é um elemento móvel na planta e pelo fato de ser carregador do fósforo na planta, possui interação com esse nutriente, atua como co-fator de enzimas ligadas ao metabolismo de fósforo (MALAVOLTA et al., 1997) talvez por isso, com o aumento da adubação fosfatada, ocasionou o aumento no teor de magnésio na semente. Além disso, na semente, o magnésio juntamente com outros nutrientes, é armazenado nos sais do ácido fítico, constituindo a fitina (COPELAND & MCDONALD, 1995; MARSCHNER, 1995). Esse resultado foi semelhante àquele obtido em sementes de feijão, por Vieira (1986) e Ramos Júnior et al. (2003a) e em sementes de soja por Vieira et al. (1987) que obtiveram aumento no teor de magnésio nas sementes em função do fornecimento de doses crescentes de P_2O_5 no solo.

Observa-se que nas sementes, o teor de nutrientes decresceu na seguinte ordem: nitrogênio > fósforo > potássio > magnésio > cálcio > enxofre. Lott et al. (1995), em uma revisão com sementes de várias culturas, descrevem também que entre os macronutrientes avaliados, o teor de nitrogênio foi o encontrado em maior concentração nas sementes, resultado semelhante ao obtido em sementes de feijão, por Vieira (1986) e Ramos Júnior et al. (2003a). Em sementes de soja, Vieira et al. (1987) ao determinarem apenas os teores de fósforo, cálcio e magnésio, também obtiveram um maior teor de fósforo, seguido pelo magnésio, e por último o cálcio.

Mesmo em condição de baixa quantidade de fósforo no solo (T0), o teor desse nutriente não foi afetado, com teores muito superiores (cerca de quatro vezes maior) nas sementes (Tabela 32) comparado com o restante da parte aérea da planta (Figura 28). Pela importância do fósforo na semente, provavelmente a planta favoreça a translocação do pouco fósforo disponível para as partes reprodutivas, visando a obtenção de sementes vigorosas, conforme será discutido posteriormente. Vieira (1986) obteve aumento no teor de fósforo na semente de feijão com o aumento do fornecimento deste nutriente no solo.

Carvalho (1978), ao avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade de sementes de alface, verificou que o teor de nitrogênio nas sementes não foi influenciada pela adubação nitrogenada. Os teores de nitrogênio nas sementes obtidos por esse autor foram inferiores àquele encontrado neste experimento.

Cardoso (2005), ao avaliar a produção e qualidade de sementes de alface cultivar Verônica, verificou que os teores dos macronutrientes contidos nas sementes não foram influenciados pelas doses crescentes de K_2O fornecidas às plantas em cobertura. Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre obtidos por esse autor foram aproximadamente de 40; 6; 6; 2; 3 e 1,7 g kg⁻¹, respectivamente, valores semelhantes aos obtidos neste experimento, exceção para o teor de fósforo em que esse autor obteve valor inferior ao obtido neste trabalho, mesmo no tratamento sem fósforo, T0 (Tabela 32).

Em feijão, Ramos Júnior et al. (2003a) também não obtiveram respostas à adubação fosfatada quanto ao teor de cálcio e de fósforo nas sementes da cultivar IAC Carioca. Já, Fornasieri Filho et al. (1988) em milho pipoca e Zucareli (2005) em feijão obtiveram aumento linear no teor de fósforo nas sementes em função de doses crescentes de P_2O_5 fornecidas no solo. Vieira (1986) também verificou que os teores de potássio e cálcio nas sementes não foram afetados pela aplicação de fósforo.

Trabalhos que relacionam a adubação fosfatada com o teor dos nutrientes nas sementes obtidas são escassos, e pelos poucos trabalhos encontrados para outras culturas, nota-se que as respostas são variáveis.

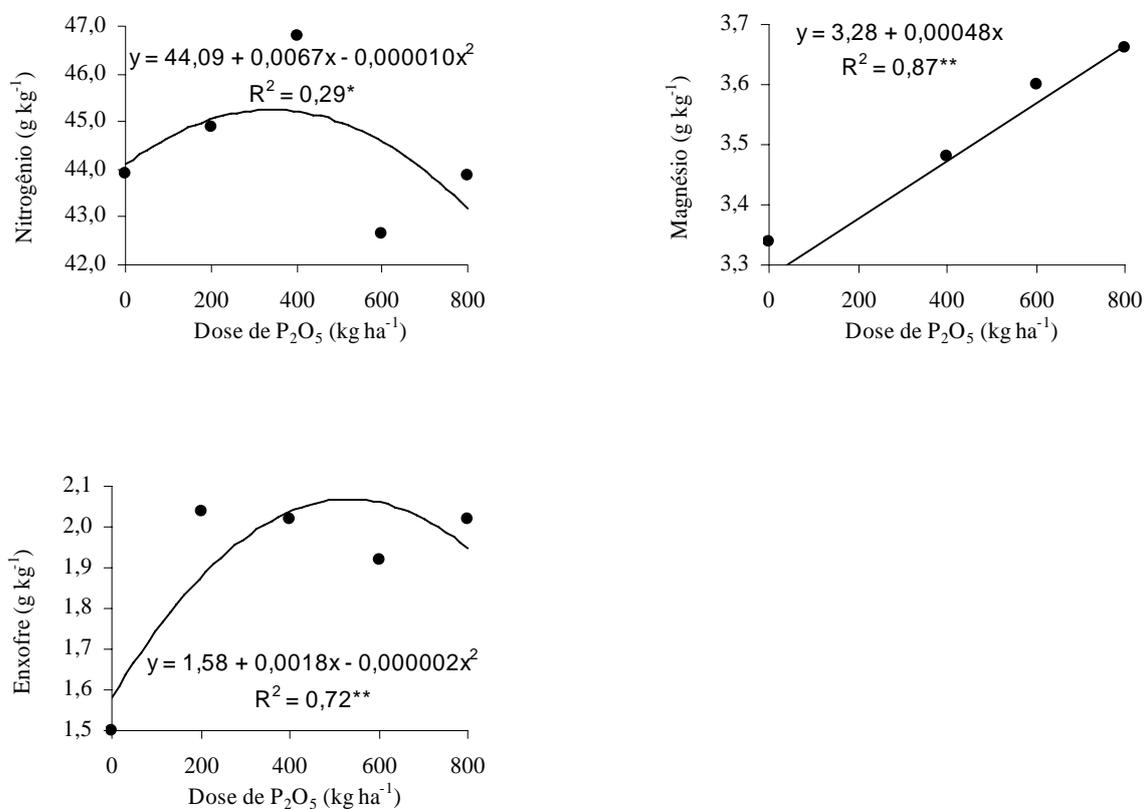


Figura 30. Teor de nitrogênio, magnésio e enxofre encontrado nas sementes de alface em função das doses de P₂O₅. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tabela 32. Teor de fósforo, potássio e cálcio (g kg⁻¹) encontrado nas sementes de alface em função dos tratamentos. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	P	K	Ca
T0 (0)	8,7	6,8	2,7
T200 (200)	8,6	6,9	2,7
T400 (400)	8,9	6,7	2,7
T600 (600)	8,7	7,0	2,6
T800 (800)	9,4	7,2	2,6
F	1,66 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,27 ^{ns}
CV (%)	6,2	6,8	7,1

Média de cinco repetições por tratamento; ns = não significativo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

Ao observar a Figura 30 e a Tabela 31, pode-se verificar que o teor de nitrogênio encontrado na semente é cerca de três vezes superior àquele presente no caule, nas folhas e hastes florais. Isso demonstra novamente a mobilidade desse nutriente na planta. Do mesmo modo, pode-se observar a redistribuição do fósforo da parte vegetativa da planta para as sementes, onde apresentou teor cerca de cinco vezes a mais de fósforo (Figura 28 e Tabela 32). O maior teor de fósforo nas sementes do que nas folhas e caule também foi observado para tremoço por Mullins et al. (2001).

Quanto ao potássio, nota-se que foi o nutriente que teve maior teor no caule, nas folhas e hastes florais, cerca de cinco vezes superior às sementes (Figura 28 e Tabela 32). Porém, com o aumento das doses de P_2O_5 houve redução do teor no caule, nas folhas e hastes florais, provavelmente pelo efeito de diluição, isto é, quanto maior a dose de fósforo, maior a quantidade de massa seca da planta e, portanto, menor o teor de potássio nas folhas, caule e hastes florais, preservando o teor nas sementes.

Para o cálcio, nota-se o menor teor encontrado na semente em relação àquele obtido no caule, nas folhas e hastes florais (cerca de seis vezes a menos), provavelmente devido à sua baixa mobilidade pelo floema (MALAVOLTA et al., 1997).

O enxofre sendo um nutriente considerado pouco móvel na planta (MALAVOLTA et al., 1997) teve um teor nas sementes pouco superior ao do caule, folhas e hastes florais (cerca de duas vezes a mais), porém, esta diferença foi menor que nos nutrientes móveis.

6.7.4 Teor de micronutrientes nas sementes

Foram constatadas alterações significativas nos teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco, ajustando-se à equação quadrática (Figura 31).

A ordem decrescente dos teores dos micronutrientes encontrados nas sementes foi: ferro > zinco > manganês > cobre > boro. Carvalho & Nakagawa (2000) citam que em sementes de algumas variedades botânicas de *Brassica oleraceae* L. também foi encontrado essa mesma ordem decrescente, exceto para o teor de boro que foi maior que o de cobre. Resultado semelhante foi obtido por Ramos Júnior et al. (2003a) e Zucareli (2005) nas

sementes de feijão em que também obtiveram essa mesma ordem, exceto para o boro que não foi determinado.

O teor de zinco encontrado no caule, nas folhas e hastes florais seguiu a mesma tendência que nas sementes ajustando-se a uma equação quadrática inversa, porém, nas sementes, o teor desse elemento foi cerca de três vezes maior. O fósforo promove inibição não competitiva com o zinco (MALAVOLTA et al., 1997), dessa forma, o aumento da adubação fosfatada deveria promover reduções nos teores de zinco, fato observado com o acréscimo das doses de P_2O_5 até 400 kg ha^{-1} . Vieira (1986) obteve aumento no teor de zinco na semente de feijão, com o aumento do fornecimento de fósforo no solo.

Ramos Júnior et al. (2003a) verificaram que o uso de doses crescentes de P_2O_5 no solo não afetou o teor de cobre, ferro, manganês e zinco em sementes de feijão. Resultado semelhante àquele obtido por Fornasieri Filho et al. (1988), que concluíram que o teor de zinco nas sementes de milho pipoca não foi influenciado pela adubação fosfatada.

Apesar da grande absorção de ferro (Figura 19) e manganês (Figura 20) pela planta após o florescimento até a colheita das sementes, o teor destes elementos foi inferior nas sementes em relação ao restante da planta. Já o zinco e o cobre apresentaram teores três e duas vezes maior, respectivamente, nas sementes do que no restante da parte aérea da planta.

Os teores de ferro e zinco também foram alterados em sementes de feijão, ajustando-se também a uma equação quadrática inversa com o aumento de doses de P_2O_5 (Zucareli, 2005). O ferro pode ser armazenado nas células das plantas como fitoferritina, encontrada em abundância em sementes. Durante a germinação ela é rapidamente degradada podendo ser mobilizada para o desenvolvimento inicial das plântulas (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995).

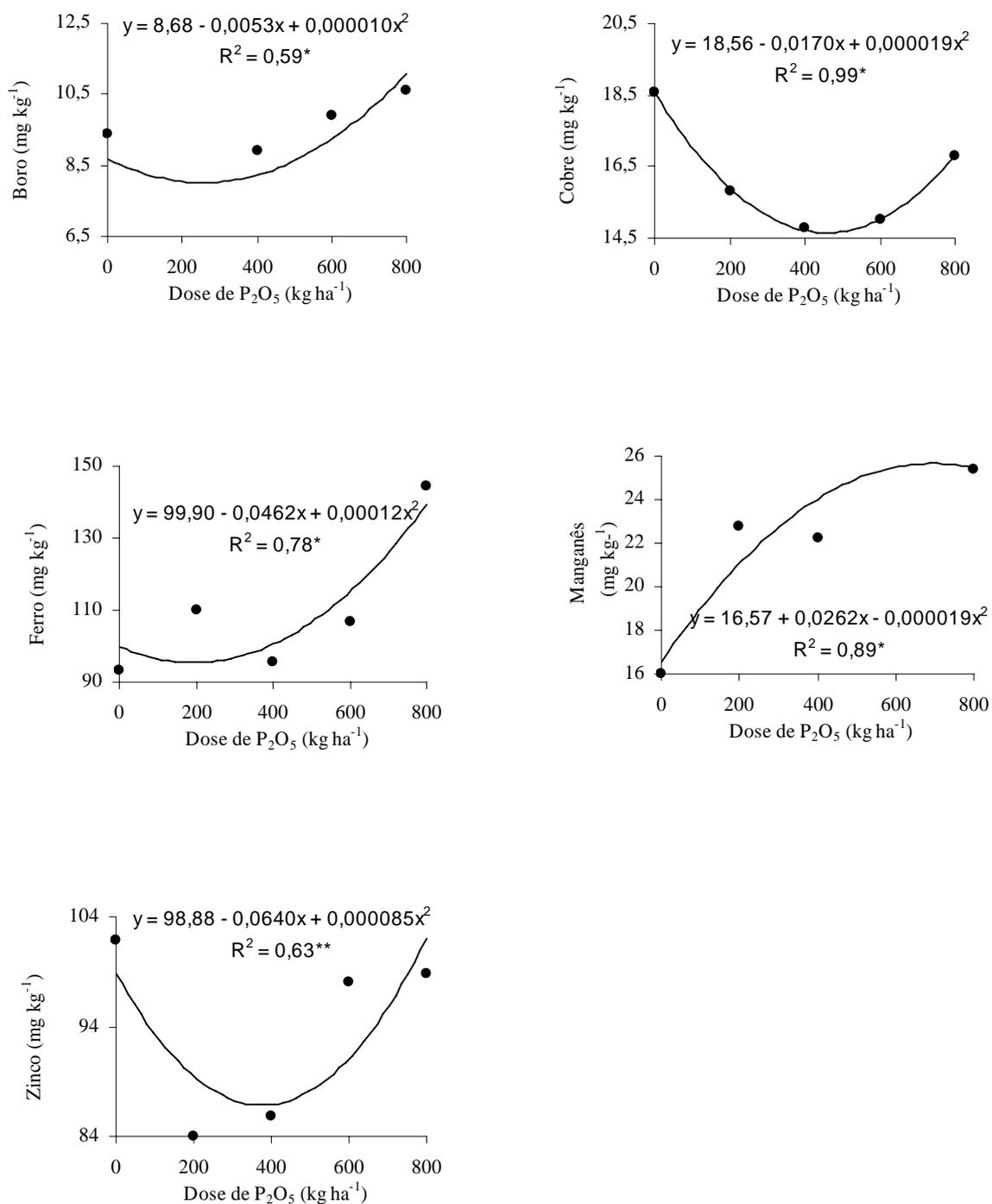


Figura 31. Teor de micronutrientes encontrados nas sementes de alfaca em função das doses de P₂O₅. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.8 Produção de sementes

A produção de sementes, tanto em massa como em número, aumentou linearmente com o aumento da dose de P_2O_5 (Figura 32). Considerando-se este ajuste ao modelo linear, pode-se supor que talvez doses mais altas de P_2O_5 pudessem proporcionar um incremento ainda maior na produção e no número de sementes, não tendo sido atingido, provavelmente, o teto máximo. Pode-se concluir que há maior necessidade de fósforo quando o objetivo é produzir sementes em relação à produção de folhas para o consumo “in natura”. Ressalta-se, também, que o teor de P no solo ao final do experimento (Tabela 7) foi baixo (T0 e T200) ou médio (T400, T600 e T800), ou seja, com a extração pela planta o teor de fósforo no solo reduziu a níveis no máximo médios, que reforça a idéia de não se ter atingido o teto da produção.

De outro ponto de vista, para as duas características o ajuste linear com baixo coeficiente de determinação não retratou a menor produção de sementes (massa e número) sob 800 kg ha^{-1} de P_2O_5 em relação à dose de 600 kg ha^{-1} . Nesse sentido, acredita-se que o aumento na dose de P_2O_5 superior aos 800 kg ha^{-1} avaliados não proporcione incremento em produtividade de sementes.

Quanto maior a dose de P_2O_5 , maior a produção de massa verde (Figura 8) e massa seca (Figura 10) da parte aérea total da planta e maior acúmulo dos nutrientes (Figuras 26 e 27) o que deve ter favorecido a maior produção de sementes.

Em relação à testemunha (sem fósforo), observa-se que a produção de sementes foi praticamente duplicada com a maior dose utilizada (800 kg ha^{-1} de P_2O_5). Porém, deve-se destacar que o experimento foi realizado utilizando-se um solo com teor de fósforo considerado muito baixo (RAIJ et al., 1996), e que o ciclo da cultura foi cerca de três vezes maior que o normal para o cultivo para o consumo “in natura”. Kano et al. (2006) também relataram aumento linear na produção de sementes de alface ‘Verônica’ com aumento nas doses de K_2O neste mesmo solo.

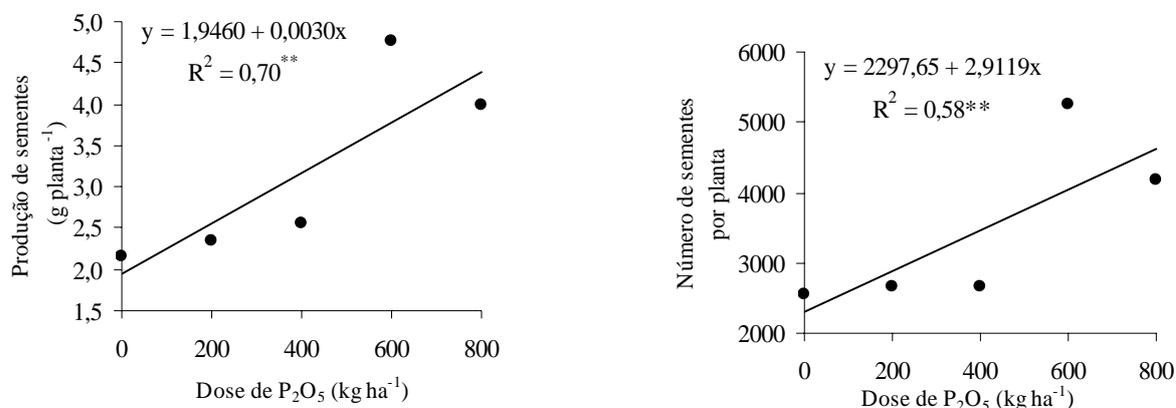


Figura 32. Produção de sementes de alface (g planta⁻¹) e número de sementes por planta em função de doses de P₂O₅. (**) significativo a 1% de probabilidade. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Verifica-se que a produção de sementes obtida neste trabalho, que variou de 2,2 a 4,8 g planta⁻¹, esteve próxima da relatada por Viggiano (1990) para a cultivar de verão Regina (3,86 g planta⁻¹) e por Globerson & Ventura (1973), que obtiveram no experimento uma produção de 2,4 g planta⁻¹. Izzeldin et al. (1980) obtiveram no experimento uma média de produção de sementes que variaram de 3,7 a 10,5 g planta⁻¹. No entanto, a produção obtida foi inferior àquela encontrada para a cultivar ‘Verônica’ por Kano et al. (2006) que foi próximo de 17 g planta⁻¹, por Reghin et al. (2000) que foi de cerca de 18 g planta⁻¹, por Aguiar (1982) que foi de 9 g planta⁻¹, por Soffer & Smith (1974a e 1974b) que obtiveram média de 17,9 g planta⁻¹ e 15,8 g planta⁻¹. Esta variação pode estar relacionada a diferenças de cultivares, condições climáticas e de manejo.

Para cultura da couve-flor, em que também ocorre aumento do ciclo com o estágio reprodutivo, Jana & Mukhopadhyay (2002) verificaram aumento significativo na produção de sementes com o aumento das doses de fósforo (0 a 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e concluíram que para a produção de sementes, o requerimento de fósforo foi maior.

6.9 Qualidade das sementes

Quanto à qualidade das sementes, não houve efeito significativo de doses de fósforo para todas as características avaliadas no primeiro ano (5 meses após a colheita e estabilização da umidade das sementes): massa de mil sementes, índice de velocidade de emergência das plântulas, total de plântulas emergidas no 10º dia após a semeadura em bandeja, primeira contagem de germinação, teste padrão de germinação e índice de velocidade de germinação (Tabela 33), demonstrando que a qualidade das sementes não foi influenciada pelas doses de fósforo utilizadas.

As doses de P_2O_5 utilizadas também não influenciaram estatisticamente na massa verde e na massa seca das plântulas e das mudas obtidas a partir das sementes colhidas nesse experimento (Tabela 34).

Para a massa de mil sementes, obteve-se uma média de 0,9055 g (Tabela 33), valor próximo àquele relatado por Viggiano (1990), que cita a média de 0,8 g. Esse resultado também está próximo àquele obtido por Reghin et al. (2000), que foi de 1,0 g também para a cultivar Verônica e ao valor médio obtido por Carvalho (1978), que foi de 1,09 g. O resultado obtido também está dentro do intervalo citado por George (1999), que varia de 0,6 a 1,0 g, dependendo da cultivar de alface.

A excelente qualidade das sementes obtidas pode ser observada pelos altos valores obtidos na primeira contagem de germinação ($\geq 98\%$), pelos valores da germinação ($\geq 98\%$) e pelas altas porcentagens de plântulas emergidas em substrato aos 10 dias após a semeadura ($> 95\%$) (Tabela 33).

A influência da adubação na produção e não na qualidade de sementes de alface também foi verificada por Kano et al. (2006), que verificaram que doses crescentes de K_2O não afetaram a qualidade das sementes de alface dessa mesma cultivar avaliada, por Soffer & Smith (1974a), que ao avaliarem plantas de alface cultivadas em hidroponia (com três concentrações de nitrogênio) e em solos irrigados com solução nutritiva em vários intervalos (que constituíram em cinco níveis de fertilidade do solo), também verificaram que o aumento no nível de fertilidade do solo aumentou a produção de sementes, porém, não ocasionou aumento correspondente no vigor. Já em hidroponia, Soffer & Smith (1974a)

obtiveram correlação positiva linear entre as concentrações de nitrogênio e a produção de sementes, massa das sementes e vigor.

Tabela 33. Média dos índices utilizados para avaliar a qualidade das sementes de cada tratamento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Massa de mil sementes (g)	Teste padrão de germinação (20°C)		IVG	IVE	% de plântulas emergidas no 10° DAS
		1ª contagem	Germinação			
T0 (0)	0,8749	99	99	73,3	97,6	49,4
T200 (200)	0,8845	99	99	67,8	96,3	49,3
T400 (400)	0,9123	98	98	67,2	95,7	48,8
T600 (600)	0,9040	99	100	67,8	98,0	49,4
T800 (800)	0,9519	99	99	66,5	97,3	49,4
F	0,92 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,60 ^{ns}
CV (%)	7,7	1,6	1,7	13,2	2,3	1,6

IVE = índice de velocidade de emergência; DAS = dias após semeadura; IVG = índice de velocidade de germinação; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

Harrington (1960), ao cultivar plantas de alface, cenoura e pimenta em solução completa de nutrientes e sob deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, verificou que a produção de sementes foi reduzida nos tratamentos com deficiência desses nutrientes. Já a porcentagem de sementes normais foi reduzida nos tratamentos com deficiência de nitrogênio, potássio e cálcio, porém não no tratamento com deficiência de fósforo.

Para cultura da couve-flor, em que também ocorre aumento do ciclo com o estágio reprodutivo, Jana & Mukhopadhyay (2002) verificaram aumento na massa de mil sementes e na porcentagem de germinação com o aumento das doses de fósforo.

No feijoeiro, na cultura do amendoim e na aveia-preta, a adubação fosfatada também favoreceu a produtividade de sementes, sem afetar a qualidade delas (NAKAGAWA et al., 1980; MARUBAYASHI et al., 1994; NAKAGAWA et al., 2001a; NAKAGAWA et al., 2001b; ZUCARELI, 2005). Vieira et al. (1987) verificaram que doses crescentes de fósforo e de potássio não influenciaram na germinação e no vigor de sementes de soja.

Ramos Júnior et al. (2003b) também concluíram que a massa de sementes de feijão e a emergência de plântulas no campo não foram influenciadas pelas doses de fósforo aplicadas no solo.

Tabela 34. Média da massa seca e massa verde da plântula (mg plântula⁻¹) e da muda (g muda⁻¹) de cada tratamento obtidas do teste de emergência em bandeja. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Plântula (mg plântula ⁻¹)		Muda (g muda ⁻¹)	
	Massa verde	Massa seca	Massa verde	Massa seca
T0 (0)	46,88	2,70	0,62	0,07
T200 (200)	45,30	3,50	1,24	0,10
T400 (400)	46,28	3,30	1,38	0,09
T600 (600)	42,00	3,10	1,49	0,11
T800 (800)	48,23	3,70	1,13	0,09
F	0,61 ^{ns}	2,58 ^{ns}	2,38 ^{ns}	2,53 ^{ns}
CV (%)	13,2	14,7	37,4	20,1

ns = não significativo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

Franzin et al. (2005), ao determinarem o efeito do vigor das sementes na formação de mudas de alface, concluíram que lotes de sementes com maior qualidade inicial, detectados pelos testes de germinação e vigor realizados em laboratório, produziram mudas com massa maior. Com isso, neste experimento, a não diferença no resultado de massa seca das plântulas e das mudas entre os tratamentos (Tabela 34), provavelmente, tenha ocorrido porque não houve diferença da qualidade inicial das sementes (Tabela 33).

Em soja, Vieira et al. (1987) verificaram que doses crescentes de fósforo e de potássio não afetaram a germinação, o índice de velocidade de emergência e a massa seca de plântula. Resultado semelhante foi obtido por Bevilaqua et al. (1996), que concluíram que a adubação também não influenciou na porcentagem e velocidade de emergência e na massa seca de plântulas de soja, demonstrando que, assim como neste experimento, doses de P₂O₅ aplicadas no solo não influenciaram na qualidade de sementes e das plantas obtidas a partir destas sementes.

Alguns trabalhos indicam que a massa seca de plântulas esteja relacionada com o teor de fósforo na semente. Trigo et al. (1997) e Bicca et al. (1997) obtiveram aumento na massa seca de plântulas de soja e de feijão em função de teores crescentes de fósforo na semente. Fornasieri Filho et al. (1988), ao avaliarem o efeito de doses crescentes de fósforo e de zinco na composição mineral e na qualidade de sementes de milho pipoca, concluíram que com o aumento da dose de P_2O_5 no solo os teores de fósforo nas sementes mostraram tendência crescente e proporcionaram aumentos na massa seca das plântulas. Porém, neste trabalho, não se observou diferença no teor de fósforo nas sementes nos diferentes tratamentos (Tabela 32).

De modo geral, é possível observar pelos trabalhos já realizados que a adubação geralmente influencia positivamente na produção de sementes, provavelmente devido ao melhor desenvolvimento das plantas proporcionado pela adubação. No entanto, as respostas quanto à sua influência na qualidade das sementes, quando avaliada, nem sempre são concordantes e geralmente as explicações na melhora da qualidade, quando discutidas, se resumem devido ao aumento na massa da semente, considerando que, quanto maior o tamanho da semente, maior seu vigor (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Porém, na maioria dos trabalhos, não são observadas melhorias na qualidade (germinação e vigor) das sementes.

Delouche (1980) comenta que as plantas desenvolveram uma extraordinária capacidade de ajustar a produção de sementes aos recursos disponíveis. A resposta típica de plantas à baixa fertilidade do solo ou à falta de água é a diminuição na quantidade de sementes produzidas e só depois há redução na qualidade. As poucas sementes produzidas sob condições marginais são usualmente tão viáveis e vigorosas como as produzidas sob situações mais favoráveis. Do ponto de vista evolucionário, o ajuste da produção de sementes aos recursos disponíveis tem um alto valor para a sobrevivência. As poucas sementes de alta qualidade teriam chance de germinar e desenvolver-se em condições adversas.

Grant et al. (2001) ressaltam que, as plantas respondem à deficiência de fósforo com adaptações que as permitem maximizar a probabilidade de produzir algumas sementes viáveis. Geralmente, o estresse de fósforo diminui mais o número total de sementes produzidas que o tamanho da semente. Por exemplo, em cereais, a redução no número de sementes ocorre através da redução do número de espigas férteis e do número de grãos por

espiga. Com menor número de sementes formadas a planta aumenta o suprimento de nutriente por semente, melhorando, assim, a qualidade do lote.

6.9.1 Germinação sob altas temperaturas

Sabe-se que a maioria das cultivares de alface não germina em temperaturas superiores a 30°C, pois quando ocorrem condições de altas temperaturas durante a embebição das sementes de alface, dois diferentes fenômenos podem ser observados: a termoinibição, um processo reversível, uma vez que a germinação ocorre quando a temperatura se reduz a um nível mais adequado; a termodormência, também denominada dormência secundária, onde as sementes não germinarão após a redução da temperatura (NASCIMENTO & CANTLIFFE, 2002; NASCIMENTO, 2003). No entanto, realizou-se o teste de germinação sob condições de 30 e 33°C com o objetivo de verificar a resposta dos tratamentos utilizados sob condições adversas (altas temperaturas).

Em ambas as temperaturas, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Verifica-se que, mesmo sob condição de 30°C, ocorreu a manutenção da qualidade das sementes, pois os valores de IVG, primeira contagem e germinação (Tabela 35) foram semelhantes àqueles obtidos no teste a 20°C (Tabela 33). Já sob condição de 33°C, apesar da grande variação ocorrida nesse teste, pôde-se observar os baixos valores de IVG, primeira contagem de germinação e germinação (Tabela 35), indicando que a qualidade das sementes foi afetada, mas que, no entanto, a resposta não diferiu entre os tratamentos. Portanto, a adubação fosfatada não influenciou na germinação das sementes sob condição de temperaturas elevadas.

A germinação das sementes a 33°C (Tabela 35) foi inferior a 20% (Tabela 33), resultado semelhante àquele obtido por Nascimento et al. (2001). Observou-se a 33°C que algumas sementes emitiram os folíolos cotiledonares e não a radícula, resultado semelhante àquele discutido por Nascimento (2003), que cita que o embrião na semente de alface é totalmente envolvido pelo endosperma, o qual é constituído de uma camada de duas a quatro células e pode retardar ou impedir a germinação das sementes, atuando como uma barreira física à emissão da radícula, especialmente sob condições desfavoráveis, tais como as altas temperaturas.

Percebe-se pelos resultados obtidos neste experimento que a adubação fosfatada não teve influência na dormência das sementes. Já Thompson (1937) observou o efeito da adubação NPK em experimentos conduzidos em vasos sobre a qualidade de sementes de três cultivares de alface. Em dois anos de trabalho verificou que as sementes provenientes de plantas adubadas apresentaram germinação significativamente superior à da testemunha. Além disso, para uma das cultivares, o número de sementes dormentes foi influenciado pela quantidade e época de fornecimento do adubo, sendo que, à medida que se aumentou a dose, ampliou-se a germinação das sementes produzidas, conseqüentemente diminuindo o número de sementes dormentes.

Tabela 35. Média dos índices utilizados para avaliar a qualidade das sementes de cada tratamento por meio do teste de germinação sob altas temperaturas. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Teste de germinação (30°C)		IVG (30°C)	Teste de germinação (33°C)		IVG (33°C)
	1 ^a contagem	Germinação		1 ^a contagem	Germinação	
T0 (0)	94	96	47,2	11,5	11,9	8,1
T200 (200)	95	98	46,2	7,1	7,6	4,6
T400 (400)	93	95	46,5	13,0	13,6	8,6
T600 (600)	95	98	47,8	8,1	8,1	4,9
T800 (800)	94	96	47,0	17,2	17,3	11,0
F	0,19 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,83 ^{ns}
CV (%)	4,4	2,6	4,7	92,2	90,0	89,1

IVG = índice de velocidade de germinação; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

6.9.2 Germinação após o armazenamento das sementes por 15 e 25 meses

A manutenção da boa qualidade das sementes obtidas dos tratamentos também foi observada após 15 meses de armazenamento em câmara seca. Não houve efeito significativo dos tratamentos utilizados para a primeira contagem de germinação, teste padrão de germinação e para o índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 36).

Já aos 25 meses de armazenamento em câmara seca, o teste de germinação das sementes indicou aumento linear na primeira contagem de germinação,

germinação e no IVG em função das doses crescentes de P_2O_5 (Figura 33). Apesar do R^2 não tão elevados, porém significativos, nota-se que os valores de IVG obtidos foram menores que aqueles encontrados logo após a colheita das sementes e aos 15 meses de armazenamento em câmara seca, demonstrando a diminuição no vigor das sementes, de modo geral em todos os tratamentos, sendo mais pronunciado com as menores doses de P_2O_5 . Resultado semelhante foi obtido por Nakagawa et al. (1980) ao avaliarem os efeitos da adubação fosfatada no vigor de sementes de amendoim. Verificaram que aos nove meses de armazenamento os tratamentos que receberam doses de P_2O_5 mais altas, apresentaram sementes com maior porcentagem de emergência em relação ao tratamento que não recebeu adubo fosfatado. Além disso, observaram diminuição gradual do vigor das sementes com o decorrer do armazenamento. Já Nakagawa et al. (2001b) verificaram que aos 18 meses após a colheita, sementes de aveia-preta mostraram queda da qualidade das sementes em todos os tratamentos (doses crescentes de P_2O_5) comparativamente às avaliações realizadas aos quatro meses; no entanto, a germinação e a primeira contagem de germinação não diferiram entre os tratamentos.

Rossetto et al. (1997), ao avaliarem o efeito da adubação potássica na qualidade fisiológica de sementes de canola imediatamente após a colheita e aos seis meses de armazenamento, verificaram que a adubação favoreceu a germinação e o vigor das sementes só após o armazenamento das sementes.

Franzin et al. (2003) ao estudarem métodos para a avaliação da qualidade de sementes de alface concluíram que, dentre outros, a primeira contagem de germinação e a emergência em gerbox foram indicadas para a avaliação da qualidade das sementes. Pereira & Nascimento (2003) também concluíram que a primeira contagem de germinação foi um dos testes que detectou diferença entre lotes de sementes de alface quanto à qualidade. Porém, neste trabalho estes testes não foram suficientes para detectar diferença no vigor, apenas após o armazenamento das sementes por um grande período.

Apesar da redução nos índices de vigor (primeira contagem de germinação e IVG), a germinação final ainda foi alta (pelo menos 90%), mesmo para o tratamento sem adubação fosfatada.

Zucareli (2005) comenta que o efeito da nutrição das plantas na qualidade da semente possa ser observado só após algum período de armazenamento das sementes.

Tabela 36. Média dos índices utilizados para avaliar a qualidade das sementes de cada tratamento após 15 meses de armazenamento em câmara seca. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Teste padrão de germinação (20°C)		IVG
	1ª contagem	Germinação	
T0 (0)	96	98	46,8
T200 (200)	99	99	48,6
T400 (400)	99	99	47,6
T600 (600)	99	99	48,0
T800 (800)	99	99	48,8
F	2,97 ^{ns}	2,41 ^{ns}	0,71 ^{ns}
CV (%)	2,0	1,3	4,5

IVG = índice de velocidade de germinação; CV = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F da análise de variância a 5% de probabilidade.

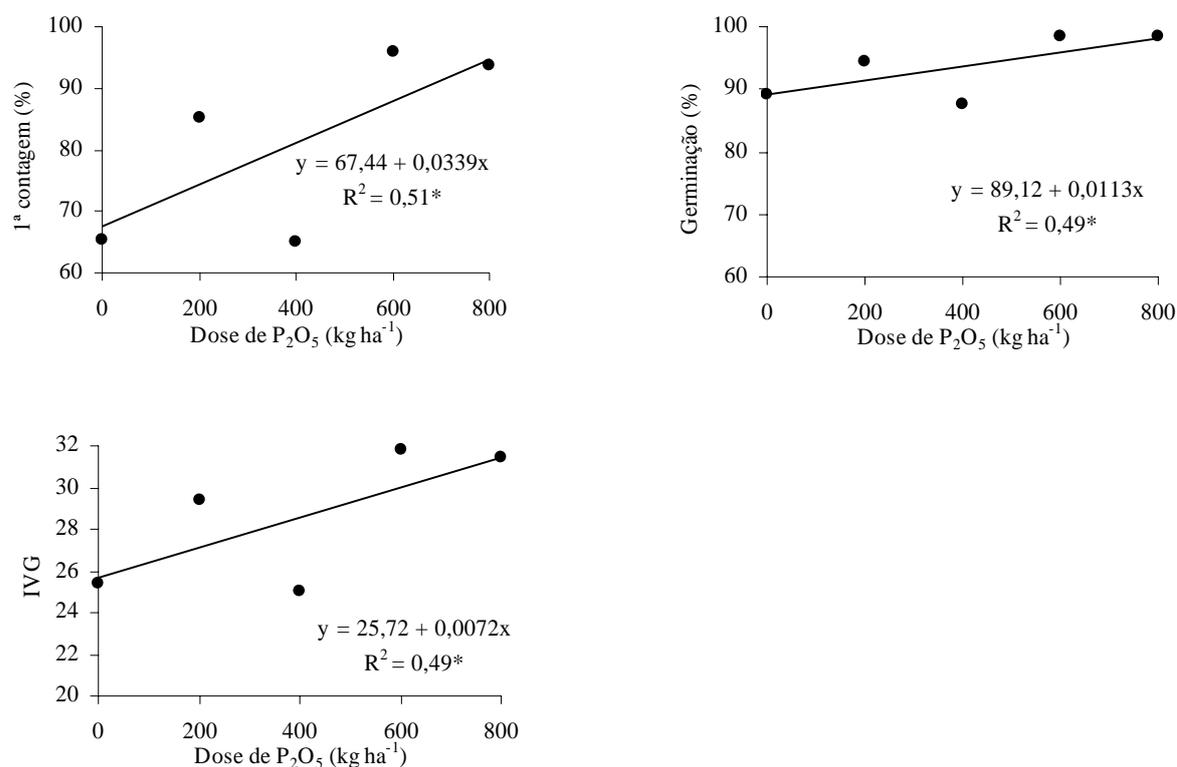


Figura 33. Primeira contagem de germinação, germinação e índice de velocidade de germinação obtidos após 25 meses de armazenamento em câmara seca em função das doses de P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2004.

6.10 Considerações gerais

Pelos resultados obtidos neste trabalho, com o aumento da dose de P_2O_5 fornecida, obtiveram-se os maiores valores para as características vegetativas das plantas avaliadas ao longo de todas as épocas, o acúmulo dos nutrientes foi maior e, como consequência, resultou em maior produção de sementes sem, no entanto, afetar a qualidade das mesmas, exceto quando submetidas a longo período de armazenamento. Há trabalhos realizados que correlacionam o teor de fósforo na semente com a qualidade; sementes com maior teor de fósforo originam plântulas com maior massa seca. Com base nisso, pode-se inferir que a qualidade das sementes dos tratamentos não diferiu entre eles, pela observação da maioria das características avaliadas, talvez devido ao fato do teor de fósforo nas sementes não diferir entre os tratamentos.

Percebe-se que a planta de alface sob condições de estresse, no caso nutricional (baixas quantidades de fósforo), pode reduzir sua produção de sementes, sem afetar a qualidade delas, provavelmente visando à perpetuação da espécie com a produção de sementes de alta qualidade. Porém, a adubação com fósforo é altamente favorável para se obter elevado aumento de produtividade.

O início do pendoamento e o início do florescimento foram os estádios de desenvolvimento onde ocorreram a maior demanda de macronutrientes e micronutrientes, respectivamente. Dessa forma, esses estádios são as épocas que necessitam de atenção quanto à adubação dessas plantas.

7. CONCLUSÕES

Conclui-se que:

- ✓ Houve aumento linear na produção de sementes com o aumento das doses de P_2O_5 , sendo a necessidade de fósforo para a produção de sementes maior que para a produção de alface para o consumo “in natura”.
- ✓ A qualidade das sementes não foi afetada mesmo com a ausência da adubação com P_2O_5 em solo com teor de fósforo considerado muito baixo, exceto para o teste de germinação realizado aos 25 meses após o armazenamento das sementes em câmara seca.
- ✓ A ordem decrescente dos nutrientes acumulados pela parte aérea total das plantas de alface para a produção de sementes foi: potássio > nitrogênio > cálcio > magnésio > fósforo > enxofre > ferro > manganês > zinco > boro > cobre.
- ✓ A ordem decrescente dos nutrientes acumulados nas sementes foi: nitrogênio > fósforo > potássio > magnésio > cálcio > enxofre > ferro > zinco > manganês > cobre > boro.
- ✓ O período de maior demanda da maioria dos macronutrientes ocorreu entre o início do pendoamento e o início do florescimento e para a maioria dos micronutrientes, após o início do florescimento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAPITO, P.J.A.; CONTRERAS, N.U.; PINZON, H.; LAVERDE, P.H. Nutrient absorption in four lettuce, *Lactuca sativa* L., source materials. **Agronomia Colombiana**, Bogotá, v.14, n.1, p.28-36, 1997.

AGUIAR, P.A.A. Influência do ácido giberélico na produção de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.4, n.1, p.89-95, 1982.

AHMED, N.; TANKI, M.I.; NAZEER, A. Effect of nitrogen and phosphorus on seed production of carrot (*Daucus carota* L.). **Journal of Vegetable Science**, New York, v.16, n.2, p.107-112, 1989.

ARRUDA JÚNIOR, S.J. de; MELO, E.E.C. de; SILVA, M.O.; SOUSA, C.E.S.de; FREIRE, M.B.G.S. Produtividade e teor de P de plantas de alface em função de diferentes doses de fósforo no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, Suplemento, Resumos, agosto 2005. CD-ROM.

AUSTIN, R.B. The influence of the phosphorus and nitrogen nutrition of pea plants on the growth of their progeny. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.24, n.3, p.359-368, 1966.

AUSTIN, R.B.; LONGDEN, P.C. The effects of manurial treatments on the yield and quality of carrot seed. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.41, n.4, p.361-370, 1966.

BEBÉ, F.V.; MATSUMOTO, S.N.; FONTES, P.C.R.; MOREIRA, M.A.; PIMENTEL, C.A.S.; RIBEIRO, M.S.; CRUZ, D.S.; FERRAZ, R.C.N. Crescimento e produtividade de alface influenciados pela aplicação de fósforo no solo e de zinco via foliar. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, Suplemento, Resumos, agosto 2005.

BENINNI, E.R.Y. **Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônicos e convencional**. 2002. 33p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

BEVILAQUA, G.A.P.; BROCH, D.L.; POSSENTI, J.C. Efeito da dose e da posição do fertilizante na absorção de nutrientes e no estabelecimento de plântulas de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.1, p.41-44, 1996.

BHAI, K.L.; SINGH, A.K. Effect of different levels of phosphorus, GA3, and pickings on seed production of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Environment and Ecology**, West Bengal , v.16, n.2, p.350-352, 1998.

BICCA, F.M.; CARDOSO, E.T.; MOGLIA, R.B. Efeito do conteúdo de fósforo da semente sobre o vigor inicial e estado nutricional do feijão. **Informativo Abrates**, Londrina, v.7, n.1-2, p.40, 1997.

BOKSHI, A.I.; MONDAL, M.F.; PRAMANIK, M.H.R. Effect of nitrogen and phosphorus nutrition on the yield and quality of onion seeds. **Bangladesh Horticulture**, Mymensingh, v.17, n.2, p.30-35, 1989.

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

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.M.A.S. Métodos de análises químicas, mineralógicas e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. **Boletim Técnico Instituto Agronômico**, n.106, p.1-94, 1986.

CARDOSO, A.I.I. Doses de potássio na produção e qualidade de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). **Relatório científico**, Processo Fapesp nº 03/09637-0. 2005. 25p.

CARVALHO, J.L. **Efeito da adubação nitrogenada sobre a produção e qualidade de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1978. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CÉZAR, V.R.S. **Efeito do processo de compostagem sobre a solubilização e a eficiência agrônômica de diferentes fontes de fósforo**. 2005. 66p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

CHATTOPADHYAY, A.; SAHANA, B.C. Response of okra seed crop to nitrogen and phosphorus fertilization in acidic soil of Old Alluvial Zone, West Bengal. **Research on Crops**, Haryana, v.1, n.2, p.176-180, 2000.

CHAUBEY, A.K.; KAUSHIK, M.K.; SINGH, S.B. Phosphorus and sulphur fertilization in relation to yield attributes and seed yield of Indian mustard (*Brassica juncea*). **Bioved**, Uttar Pradesh, v.12, n.1-2, p.53-56, 2001.

CLAASSENS, A.S. Influence of varying phosphorus supply on the growth and phosphorus composition of lettuce. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, n.9-10, p. 1209-1221, 1994.

CONVERSA, G.; SANTAMARIA, P.; GONNELLA, M. Growth, yield, and mineral content of butterhead lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata) grown in NFT. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.659, n.2, p.621-628, 2004.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3. ed. New York: CHAPMAN & HALL, 1995. 409p.

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

DESAI, B.B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook: biology, production, processing, and storage**. New York: Marcel Dekker, 1997. 627p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

ESPINDOLA, C.R.; TOSIN, W.A.C.; PACCOLA, A.A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, 1974, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.650-654.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.195-200, 2002.

FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafós, 1993, 480p.

FILGUEIRA, F.A.R.. Asteráceas – Alface e outras hortaliças herbáceas. In: **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003. p. 289-295.

FORNASIERI FILHO, D.; BRANDÃO, S.S.; SADER, R.; VITTI, G.C. Efeitos do fósforo e do zinco sobre a composição mineral e qualidade fisiológica das sementes de milho- pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, n.1, p. 43-53, 1988.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; WRASSE, C.F. Métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de alface. **Informativo Abrates**, Londrina, v.13, n.3, p.316, 2003.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L.de.; GARCIA, D.C.; SANTOS, O.S.dos. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.193-197, 2005.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, n.168, 1997.

GEORGE, R.A.T. **Vegetable seed production**. 2. ed. Italy: Cabi Publishing, 1999. 328p.

GLOBERSON, D.; VENTURA, J. Influence of gibberelins on promoting flowering and seed yield in bolting resistant lettuce cultivars. **Israel Journal Agricultural Research**, Bet-Dagan, v.23, n.2, p.75-77, 1973.

GRANGEIRO, L.C.; KAMARGO, R.C.; MEDEIROS, M.A.de.; SALVIANO, A.M.; NEGREIROS, M.Z.de; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S.L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do semi-árido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.190-194, 2006.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.95, p.1-5, 2001.

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**, Wellesbourne, v.113, p.391-402, 1988.

HAAG, P.H.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. 474p.

HARRINGTON, J.F. Germination of seeds from carrot, lettuce, and pepper plants grown under severe nutrient deficiencies. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.30, n.7, p.219-235, 1960.

HIRAOKA, T. Ecological studies on the salad crops. II. Effect of photoperiods on flower bud differentiation, bolting and heading in lettuce, with special reference to the difference of photoperiodic sensibility between varieties on various growing stages. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v.4, n.411, p.39-48, 1967.

HIRAOKA, T. Ecological studies on the salad crops. III. Effects of combination of temperature treatments on flower bud differentiation, bolting, budding and flowering time, of head lettuce (*Lactuca sativa* L. cultivar. Wayahead, Edogawa strain). **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, n.38, p.42-51, 1969.

IZZELDIN, H.; LIPPERT, L.F.; TAKATORI, F.H. An influence of water stress at different growth stages on yield and quality of lettuce seed. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.105, n.1, p.68-71, 1980.

JAGGI, R.C. Indian mustard (*Brassica juncea*) yield, maturity and seed: straw ratio as affected by sulphur and phosphorus fertilization. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v.43, n.1, p.129-132, 1998.

JAMWAL, R.S.; THAKUR, D.R.; JAGMOHAN, K.; KUMAR, J. Response of late cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis L.) seed crop to nitrogen and phosphorus under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. **Himachal Journal of Agricultural Research**, Palampur, v.21, n.1-2, p.38-41, 1995.

JANA, J.C.; MUKHOPADHYAY, T.P. Effect of nitrogen and phosphorus on seed production of cauliflower var. Aghani in Terai zone of West Bengal. **Seed Research**, New Delhi, v.30, n.2, p.253-257, 2002.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; HIGUTI, A.R.O.; VILLAS BÔAS, R.L. Doses de potássio na produção e qualidade de sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.3, p. 356-359, 2006

LIMA, M.S.; CARDOSO, A.I.I.; VERDIAL, M.F. Plant spacing and pollen quantity on yield and quality of squash seed. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.3, p.443-447, 2003.

LOPES, M.C.; FREIER, M.; MATTE, J.D.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; CASIMIRO, E.L.N.; SEVIGNANI, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.211-215, 2003.

LOTT, J.N.A.; GREENWOOD, J.S.; BATTEN, G.D. Mechanisms and regulation of mineral nutrient storage during seed development. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.215-235.

LOUBSER, H.L.; HUMAN, J.J. The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on the phosphorus absorption by sunflowers. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Hamburg, v.171, n.3, p.206-215, 1993.

MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p.176-177, 1962.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MALIK, M.N.A.; MAKHDUM, M.I.; CHAUDHRY, F.I. Influence of phosphorus fertilization on crop growth, seed cotton yield and fibre quality. **Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research**, Karachi, v.35, n.7-8, p.288-290, 1992.

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

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

MARUBAYASHI, O.M.; ROSOLEM, C.A.; NAKAGAWA, J.; ZANOTTO, M.D. Efeito da adubação fosfatada na produção e na qualidade da semente de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.85-89, 1994.

MCPHARLIN, J.R.; JEFFERY, R.C.; PITMAN, D.H. Phosphorus requirements of winter-planted lettuce (*Lactuca sativa* L.) on a Karrakatta sand and the residual value of phosphate as determined by soil test. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.36, n.7, p.897-903, 1996.

MCPHARLIN, J.R.; ROBERTSON, W.J. Response of spring-planted lettuce (*Lactuca sativa* L.) to freshly-applied and residual phosphorus and to phosphate fertilizer placement on a Karrakatta sand. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.37, n.6, p.701-708, 1997.

MODI, A.T. Wheat seed quality in response to molybdenum and phosphorus. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.25, n.11, p.2409-2419, 2002.

MOTA, J.H.; YURI, J.E.; RESENDE, G.M. de; OLIVEIRA, C.M.de; SOUZA, R.J. de; FREITAS, S.A.C.de; 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.

MULLINS, G.L.; REEVES, D.W.; SCHWAB, R.L. Effect of seed phosphorus concentration, soil pH, and soil phosphorus status on the yield of white lupin. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.32, n.1-2, p.127-137, 2001.

NAGAI, H.; LISBÃO, R.S.; MELO, A.M.T.de.; TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; FORNASIER, J.B. Produção de sementes de hortaliças em pequenas áreas. **Documentos IAC**, Campinas, n.51, p.1-7, 1995.

NAGATA, R.T.; SANCHEZ, C.A.; COALE, F.J. Crisphead lettuce cultivar response to fertilizer phosphorus. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n.5, p. 717-720, 1992.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; BICUDO, S.J. Produção e qualidade de sementes de aveia-preta em função da adubação fosfatada e potássica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.1, p.260-266, 2001a.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; GUISTEM, J.M. Efeito da adubação fosfatada e potássica no teste de condutividade elétrica de sementes de aveia-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.302-308, 2001b.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Efeitos da adubação fosfatada no vigor das sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, n.1, p.67-74, 1980.

NASCIMENTO, W.M. Mecanismo de germinação de sementes de alface em altas temperaturas: envolvimento da enzima endo- β -mananase. **Informativo Abrates**, Londrina, v.13, n.1-2, p.51-54, 2003.

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

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.

NICOULAUD, B.A.L.; MEURER, E.J.; ANGHINONI, I. Rendimento e absorção de nutrientes por alface em função de calagem e adubação mineral e orgânica em solo "Areia Quartzosa Hidromórfica". **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.8, n.2, p.6-9, 1990.

NWADUKWE, P.O.; CHUDE, V.O. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on seed crop of onion (*Allium cepa* L.) in a semiarid tropical soil. **Tropical Agriculture**, Guildford, v.72, n.3, p.216-219, 1995.

OLIVEIRA, A.P.de.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, A.U.; DORNELAS, C.S.M.; ALVES, A.U.; ALVES, E.U.; SILVA, J.A.; PÔRTO, M.L. Dose econômica de P₂O₅ para produção de sementes de quiabeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, Suplemento, Resumos, agosto 2003a.

OLIVEIRA, A.P.de.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, E.U.; ALVES, A.U.; DORNELAS, C.S.M.; ALVES, A.U.; PÔRTO, M.L. Dose econômica de P₂O₅ para produção de sementes de feijão-fava. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, Suplemento, Resumos, agosto 2003b.

PACHAURI, D.C.; THAKUR, P.C.; VERMA, T.S. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potash on seed yield of peas (*Pisum sativum* var. hortense). **Progressive Horticulture**, Uttar Pradesh, v.20, n.1-2, p.58-62, 1988.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-155.

PEREIRA, R.S.; NASCIMENTO, W.M. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de alface. **Informativo Abrates**, Londrina, n.3, v.13, p.426, 2003.

PETERSON, A.E.; BERGER, K.C. Effect of magnesium on the quality and yield of canning peas. **Soil Science Society Proceedings**, Madison, v.15, p.205-208, 1950.

PONTES, A. Mercado de sementes de hortaliças no Brasil. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 6., 2006, Brasília. **Palestras...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. CD-ROM.

PREMUZIC, Z.; DE-LOS-RIOS, A.; CLOZZA, M.; MININO, H.; VILELLA, F.; IORIO, A.F.de. Absorción y distribución de macronutrientes en lechuga. **Horticultura Argentina**, Mendoza, v.14, n. 37, p. 68-73, 1995.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafós, 1991. 343p.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285p.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; ZUCARELI, C.; PIRES, N.C.C.; NAKAGAWA, J.; FERNANDES, D.M. Adubação fosfatada e teores de nutrientes em sementes de feijão cv. IAC Carioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003a. CD ROM.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; ZUCARELI, C.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. IAC Carioca em função de doses de fósforo. **Informativo Abrates**, Londrina, n.3, v.13, p.430, 2003b.

REGHIN, M.Y.; OTTO, R.F.; ROCHA, A. Indução do florescimento e produção de sementes de alface com diferentes doses de ácido giberélico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p.171-175, 2000.

RODRIGUES, E.T.; CASALI, V.W.D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p. 125-128, 1999.

ROSSETTO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Efeito da adubação potássica e da época de colheita na qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.19, n.2, p.349-354, 1997.

ROUSOS, P. Effects of photoperiod and heat on lettuce growth and flowering time. **HortScience**, Alexandria, v.23, n.3, p.155. 1988.

RYDER, E.J. **Lettuce, endive and chicory**. CABI Publishing, 1999. 224p.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M.E., BUZZETI, S. ed. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: ÍCONE, 1994, p.65-98.

SANCHEZ, C.A.; BURDINE, H.W.; GUZMAN, V.L.; HALL, C.B. Yield, quality, and leaf nutrient composition of crisphead lettuce as affected by N, P and K on Histosols. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.101, p.346-350, 1989.

SANCHEZ, C.A.; EL-HOUT, N.M. Response of diverse lettuce types to fertilizer phosphorus. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.3, p. 528-531, 1995.

SANTOS, F.N.dos.; ARAUJO, J.R.G.; COSTA, E.M.R.; COSTA, E.P.B.da.; SILVA, J.C.B.; SILVA, J.R.da.; FREITAS, L.M.de.; VELOSO, T.R.G. Avaliação de cultivares de alface sob as condições de cultivos a ambiente protegido e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, Suplemento, Resumos, agosto 2005. CD-ROM.

SATPAL, S.; JAT, N.L. Effect of phosphorus and zinc fertilization on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Annals of Agricultural Research**, New Delhi, v.23, n.4, p.734-736, 2002.

SAWAN, Z.M.; HAFEZ, S.A.; BASYONY, A.E. Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelated zinc and calcium on seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.136, n.2, p.191-198, 2001.

SENO, S.; NAKAGAWA, J.; ZANIN, A.C.W.; MISCHAN, M.M. Efeitos de níveis de fósforo e potássio sobre características de frutos e qualidade de sementes de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.5, n.2, p.25-28, 1987.

SHARMA, S.K. Effect of phosphorus and potassium fertilization on plant growth, seed yield and quality of Chinese sarson seed. **Himachal Journal of Agricultural Research**, Palampur, v.21, n.1-2, p.32-34, 1995a.

SHARMA, S.K. Seed production of tomato as influenced by nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. **Annals of Agricultural Research**, New Delhi, v.16, n.3, p.399-400, 1995b.

SHARMA, S.K. A note on effect of phosphorus and potassium fertilization on radish seed crop. **Journal of Vegetable Science**, New York, v.24, n.2, p.169, 1997.

SHINOHARA, S. **Vegetable seed production technology of Japan elucidated with respective variety development histories, particulars**. Seibundo Shinkosha Ltd., 1984. v.1, 432p. (Reference, n.4) 1984.

SHUKLA, Y.R.; KOHLI, U.K. Influence of varieties and phosphorus fertilization on the seed vigour of garden peas. **Annals of Agricultural Research**, New Delhi, v.12, n.3, p.284-287, 1991.

SILVA, R.F.da.; COUTO, F.A.A.; TIGCHELAAR, E.; OLIVEIRA, L.M.de. Efeito de espaçamento e níveis de adubação na produção de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Experientiae**, Viçosa, v.11, n.8, p.297-317, 1971.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada num Neossolo Litólico Distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.2, p.129-132, 2002.

SOFFER, H.; SMITH, O.E. Studies on lettuce seed quality: V. nutritional effects. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.99, n.5, p.459-463, 1974a.

SOFFER, H.; SMITH, O.E. Studies on lettuce seed quality: III relationships between flowering pattern, seed yield, and seed quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.99, n.2, p.114-117, 1974b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

THIAGARAJAN, C.P. Influence of NPK on the yield and quality of chilli seeds. **South Indian Horticulture**, Tamil Nadu, v.38, n.3, p.159-160, 1990.

THOMPSON, B.C. The germination of lettuce seed as affected by nutrition of the plant and the physiological age of the plant. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.35, p.599-600, 1937.

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**, Brasília, v.19, n.1, p.111-115, 1997.

UDDIN, M.I.; KHAN, H.R.; UDDIN, M.M.; KARIM, A.J.M.S.; EGASHIRA, K. Yield performance of garden pea (*Pisum sativum* L.) as affected by different row spacing and fertilization of phosphorus. **Current Agriculture**, New Delhi, v.25, n.1-2, p.67-72, 2001.

VIEIRA, R.F. Influência de teores de P no solo sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho no campo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n.186, p.173-188, 1986.

VIEIRA, R.D.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, N.M.; THIEBAUT, J.T.L.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, C.S. Avaliação do efeito de doses de P e K na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, n.1, p.83-89, 1987.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1994. 164p.

VIGGIANO, J. Produção de sementes de alface. In: CASTELLANE, P.D., NICOLOSI, W.M., HASEGAWA, M. ed. **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990, p.1-13.

VILLAS BÔAS, R.L.; ANTUNES, C.L.; BOARETTO, A.E.; SOUSA, V.F. de; DUENHAS, L.H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. v.2, p.71-103.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS. 1., Piracicaba, 1993. **Anais**. Piracicaba: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO, 1994. p.261-280.

ZANIN, A.C.W.; KIMOTO, T. Efeito da adubação e espaçamento na produção de sementes do quiabeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.2, n.3, p.105-112, 1980.

ZUCARELI, C. **Adubação fosfatada, produção e desempenho em campo de sementes de feijoeiro cv. Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã**. 2005. 183p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.