

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO 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 COUVE-FLOR**

MARINA DE TOLEDO RODRIGUES CLAUDIO

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

BOTUCATU – SP
Fevereiro 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO 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 COUVE-FLOR**

MARINA DE TOLEDO RODRIGUES CLAUDIO

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso

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

BOTUCATU – SP
Fevereiro 2013

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

C615d Claudio, Marina de Toledo Rodrigues, 1987-
Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de
sementes de couve-flor / Marina de Toledo Rodrigues Claudio. - Botucatu :
[s.n.], 2013
iii, 66 f. : gráfs. color., tabs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013
Orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso
Inclui bibliografia

1. Couve-flor - Adubação. 2. Couve-flor - Semente. 3. Couve-flor -
Sementes - Viabilidade. 4. Crescimento (Plantas). 5. Germinação. I.
Cardoso, Antonio Ismael Inácio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas.
III. 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 COUVE-FLOR”**

ALUNA: MARINA DE TOLEDO RODRIGUES CLAUDIO

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO


Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO



PROF. DR. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO



PROF. DR. LUIS FELIPE VILLANI PURQUERIO

Dedico e Agradeço

Á meus pais (João Luiz e Maria Olivia) e meus tios (Roberto e Tecla),
pelo amor, carinho, apoio, e por nunca medirem esforços para me ajudar e incentivar.

*"Se não houve frutos, valeu a beleza das flores.
Se não houve flores, valeu a sombra das folhas.
Se não houve folhas, valeu a intenção da semente." (Henfil)*

AGRADECIMENTOS

A Deus...

À toda minha família, meus pais, meus irmãos, minha sobrinha e meus tios, pelo apoio, amor e compreensão.

A Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Departamento de Horticultura, assim como todos os professores e funcionários pela amizade, apoio e serviços prestados ao longo desse período.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental São Manuel da UNESP/ FCA pela ajuda na condução dos experimentos e pela amizade e convivência durante todo o trabalho, em especial ao Sr. Antônio (“Coalinho”).

Ao Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso, pelo exemplo, pela atenção, disponibilidade, por ter aceitado me orientar em todos esses anos de vida acadêmica, e pela confiança em mim depositada, o meu muito obrigada.

Aos professores doutores Arthur Bernardes Cecílio Filho e Luis Felipe Villani Purquerio, que aceitaram participar da minha banca de defesa.

Aos amigos-irmãos Ana Emília Tavares, Felipe Magro e Pamela Nakada Freitas, que com certeza sem a ajuda deles nada teria acontecido e com certeza a vivência neste mestrado teria sido muito menos prazerosa e divertida.

À todos os amigos que fiz em Botucatu, em especial: Beatriz Inoue, Elza Oliveira, Izaias Pinheiro e Marcela Buosi.

Aos amigos de Tietê por tentar às vezes compreender minha ausência e me apoiar em qualquer decisão que tomasse.

Enfim, a todos que me ajudaram em algum momento, o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Aspectos gerais da cultura	7
4.2 Adubação fosfatada em hortaliças	10
4.3 Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes de hortaliças	13
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
5.1 Localização e caracterização da área experimental	16
5.2 Caracterização do solo	17
5.3. Obtenção das mudas e condução das plantas.....	18
5.4. Tratamentos e delineamento experimental	19
5.5. Preparo do solo, correção e adubação de plantio e em cobertura	20
5.6. Colheita das sementes	21
5.7. Características avaliadas	22
5.7.1 Análise química do solo coletado quinze dias após o transplante das mudas.....	22
5.7.2 Análise química do solo coletado no final do ciclo	22
5.7.3 Características vegetativas das plantas.....	23
5.7.4 Acúmulo de macronutrientes na parte aérea, nas sementes e total das plantas.....	23
5.8. Produção das sementes	24
5.9. Qualidade das sementes	25
5.9.1 Massa de mil sementes.....	25
5.9.2 Teste de germinação e primeira contagem do teste de germinação	25
5.9.3 Emergência em bandeja	26
5.10 Análise estatística	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1. Resumo das análises de variância	28
6.2. Produção de sementes	31
6.3. Qualidade das sementes	34
6.4. Análise química do solo coletado quinze dias após o transplante das mudas	37
6.5. Análise química do solo coletado no final do ciclo	41
6.6. Características vegetativas das plantas	43
6.7. Acúmulo de macronutrientes	47
6.7.1 Acúmulo de macronutrientes na parte aérea	47
6.7.2 Acúmulo de macronutrientes nas sementes	49
6.7.3 Acúmulo de macronutrientes na planta toda.....	51
7. CONCLUSÕES	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

DOSES DE FÓSFORO NO ACÚMULO DE NUTRIENTES, NA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE DE SEMENTES DE COUVE-FLOR.

Botucatu, 2013. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista.

Autora: MARINA DE TOLEDO RODRIGUES CLAUDIO

Orientador: ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO

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 como a couve-flor, nota-se a necessidade de estudos para determinar a demanda nutricional e a dose dos nutrientes para auxiliar na recomendação que proporcione elevada produção de sementes com alta qualidade. Em vista disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e qualidade de sementes de couve-flor. O experimento foi conduzido de 01/03 a 29/08/2011, na Fazenda Experimental em São Manuel-SP (FCA/UNESP). Foram estudadas cinco doses de fósforo (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha⁻¹ de P₂O₅), no delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. Foram avaliadas características vegetativas das plantas (altura, massa da matéria fresca e seca da parte aérea), acúmulo de nutrientes pela parte aérea, sementes e no total da planta ao final do ciclo, produção de sementes por planta e qualidade das mesmas (massa de mil sementes, teste de germinação, primeira contagem do teste de germinação e emergência em bandeja). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial. Obteve-se efeito quadrático para a produção de sementes em função das doses de fósforo, sendo a dose de 783 e 870 kg ha⁻¹ de P₂O₅ as que proporcionaram maiores massa e número de sementes por planta, respectivamente. A qualidade das sementes não foi afetada pela adubação fosfatada, com exceção da massa de mil sementes que se ajustou ao modelo quadrático. A ordem decrescente do acúmulo total de nutrientes foi: potássio > nitrogênio > cálcio > enxofre > fósforo > magnésio, e pelas sementes foi: nitrogênio > enxofre > potássio > fósforo > cálcio > magnésio.

Palavras-Chave: *Brassica oleracea* var. *botrytis* L., adubação, produtividade de sementes, germinação e vigor.

PHOSPHORUS RATES IN NUTRIENT ACCUMULATION, IN PRODUCTION AND QUALITY OF CAULIFLOWER SEEDS

Botucatu, 2013. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista.

Author: MARINA DE TOLEDO RODRIGUES CLAUDIO

Adviser: ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO

2. SUMMARY

Due to the scarcity of information related to the effect of fertilization on yield and quality of vegetable seeds, especially in species that have an increase in the cycle, such as cauliflower, there is a need for studies to determine nutrient demand and rate of nutrients to support the recommendation that provides high seed production with high quality. As a result, this study aimed to evaluate the influence of phosphorus rates added to the soil in nutrient accumulation, production and quality of cauliflower seeds. The experiment was conducted from 01/03/2011 to 29/08/2011, at the Experimental Farm São Manuel and seeds evaluations were made in the Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Sciences (FCA / UNESP). It was studied five rates of phosphorus (0, 300, 600, 900 and 1200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) in a randomized complete block design, with four replications. It was evaluated vegetative characteristics of plants (height, fresh and dry weight), accumulation of nutrients in the shoots, seeds and whole plant at the end of the cycle, seeds production per plant and its quality (thousand seeds weight, standard germination, first count of germination test and emergence in tray). Data were submitted to analysis of variance and regression. It was obtained a quadratic effect on seed production depending on phosphorus rates, with the rate of 783 and 870 kg ha⁻¹ of P₂O₅ providing the largest mass and number of seeds per plant, respectively. Seed quality was not affected by fertilization, except for a thousand seeds weight that set the quadratic model. The decreasing order of nutrients accumulated in whole plant was: potassium > nitrogen > calcium > sulphur > phosphorus > magnesium, and in the seeds was: nitrogen > sulphur > potassium > phosphorus > calcium > magnesium.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *botrytis*, fertilization, seed yield, germination and seed vigor.

3. INTRODUÇÃO

A região Sudeste do Brasil, especialmente no estado de São Paulo, concentra cerca de 60% das hortaliças produzidas no país (CAMARGO FILHO & MAZZEI, 2001), sendo a couve-flor uma das quinze mais importantes (MAY et al., 2007).

Embora existam estudos sobre nutrição e recomendações de adubação para o cultivo comercial de couve-flor, raramente se encontram trabalhos que abordem os efeitos dos nutrientes na produção e qualidade de sementes. Segundo Cardoso & Silva (2009), uma boa semente constitui um componente essencial, na produção de couve-flor, favorecendo a obtenção de mudas vigorosas, uniformes e sadias.

De modo geral, a adubação pode influenciar positivamente na produção de sementes, sendo, geralmente, explicado devido ao melhor desenvolvimento das plantas. No entanto, as relações com o potencial fisiológico das sementes não têm sido evidenciadas consistentemente pela pesquisa.

Segundo Carvalho & Nakagawa (2000), uma planta bem nutrida está em condições de produzir mais sementes bem formadas, porém há relatos como o de Delouche (1980), que comenta que as sementes produzidas sob condições marginais, são usualmente tão viáveis e vigorosas quanto aquelas produzidas sob situações mais favoráveis. Nesse caso, a influência da adubação seria basicamente no número de sementes produzidas, não chegando a

afetar a qualidade. A resposta típica de plantas à baixa fertilidade do solo é a redução na quantidade de sementes produzidas e só depois há redução na qualidade. Do ponto de vista evolucionário, o ajuste da produção de sementes aos recursos disponíveis tem um alto valor para sobrevivência. As poucas sementes de alta qualidade teriam igual chance de germinar e desenvolver-se em condições adversas. Esta resposta foi observada em alface (KANO et al., 2012) e em brócolos por Magro et al. (2010). Há também relatos de que o efeito da nutrição das plantas na qualidade da semente possa ser observado somente após algum período de armazenamento das sementes (ZUCARELI, 2005; KANO et al., 2011; MAGRO et al., 2012).

Para uma boa formação de sementes e frutos é essencial a aplicação de fósforo, desde o início do desenvolvimento vegetativo, sendo este nutriente importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas, além de ser constituinte de ácidos nucleicos, fosfolipídios, estando envolvido também na regulação da fotossíntese e respiração. Em quantidades adequadas, estimula o desenvolvimento radicular (MALAVOLTA, 1980; RAIJ, 1991).

A produção de sementes de alta qualidade (genética, fisiológica, física ou sanitária) é um dos principais desafios para a pesquisa e para os produtores de sementes. O estabelecimento rápido e uniforme das plântulas no campo é um pré-requisito fundamental para se alcançar um bom estande e se ter garantia da produtividade e qualidade do produto colhido. Portanto, as pesquisas com adubação são de fundamental importância na obtenção de elevada produtividade de sementes, com a máxima qualidade fisiológica.

As quantidades de nutrientes utilizadas para a produção de sementes de couve-flor são diferentes daquelas empregadas para a produção comercial, uma vez que a cultura apresenta um ciclo de desenvolvimento maior, formação de novas estruturas, flores e sementes, e, provavelmente, uma extração de nutrientes maior.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e qualidade de sementes de couve-flor.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Aspectos gerais da cultura

A couve-flor, *Brassica oleracea* var. *botrytis*, pertence a família Brassicaceae, anteriormente denominada Cruciferae. Esta família botânica abrange o maior número de culturas oleráceas, como o agrião d'água, brócolos, couve-chinesa, couve-comum, couve-de-bruxelas, couve-rábano, mostarda, nabo, rabanete, rábano, repolho, rúcula, dentre outras.

Originária da Costa do Mediterrâneo espalhou-se pela Europa, no início do século XVII. No Brasil, sua introdução se deu com a vinda dos primeiros imigrantes italianos. Entre as diversas hipóteses, acredita-se que a mais provável é de que a espécie cultivada *B. oleraceae* seja derivada de uma espécie selvagem denominada de *B. oleracea* var. *silvestris*, semelhante à couve-comum (*B. oleracea* var. *acephala*). A couve silvestre ainda é encontrada no litoral atlântico da Europa ocidental e nas costas do mar Mediterrâneo. Esta planta originou sete distintas culturas oleráceas, todas pertencentes à mesma espécie, porém classificadas como diferentes variedades botânicas: brócolos (*B. oleracea* var. *italica*), couve-de-bruxelas (*B. oleracea* var. *gemmifera*), couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), couve-de-folhas (*B. oleracea* var. *acephala*), couve-rábano (*B. oleracea* var. *gongylodes*), couve-tronchuda (*B. oleracea* var. *tronchuda*), repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) (FILGUEIRA, 2008).

A China encontra-se como o maior produtor mundial de couve-flor, seguida da Índia, Espanha, Itália e França (FAO, 2009). No Brasil, a couve-flor é mais cultivada nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina (SILVA et al., 2009). As principais regiões produtoras são: Ibiúna, Porto Feliz, Itatiba, Jarinú e Sorocaba, em São Paulo; Carandaí e Barbacena, em Minas Gerais; São José dos Pinhais, Colombo e Londrina, no Paraná; Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul, Teresópolis, no Rio de Janeiro, Venda Nova dos Imigrantes, no Espírito Santo e Jaguaquara, na Bahia (MAY et al., 2007).

A couve-flor, o repolho e o brócolos são as três brássicas de maior importância econômica comercializadas no Estado de São Paulo. Segundo dados da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP), foram comercializados nesse mercado 10,9 mil toneladas de couve-flor em 2007, valor acima da média anual comercializada entre os anos de 2001 a 2007, de 10 mil toneladas (AGRIANUAL, 2012). O aumento do volume comercializado foi acompanhado pelo aumento do preço pago por esta hortaliça. Pela variação sazonal das entradas e preços na CEAGESP observa-se que os meses de maio a outubro apresentam a maior oferta, e os maiores preços ocorrem nos meses de janeiro a abril. Segundo a Ceagesp em fevereiro de 2012 atingiu o preço de R\$ 1,20, em março R\$ 3,00 e em maio R\$ 2,00. Em março de 2013, o preço do quilo da couve-flor atingiu R\$ 2,40 (CEAGESP, 2013).

É uma hortaliça que pode ser consumida de várias formas, compondo pratos quentes e frios, e suas características nutracêuticas incentivam o seu consumo (CEASA, 2012). A couve-flor possui 93% de água, é considerada boa fonte de potássio com 286 mg por 100g, fósforo (188 mg em 100 g) e vitaminas A (85 UI em 100 g), B (150 mcg em 100 g) e C (72 mg em 100 g), além de possuir poucas calorias (30 calorias em 100 g) e muita fibra, o que atende aos anseios de uma parcela significativa da população preocupada com a saúde. Apresenta propriedades mineralizante, fortificante, oxidante e, graças ao elevado conteúdo de cálcio (123mg em 100 g), é importante na boa formação dos ossos (MAMBREU et al., 2007).

Teve origem em clima temperado, sendo plantas bienais que exigem frio para passar do estágio vegetativo para o reprodutivo. É uma cultura indiferente ao fotoperíodo, sendo a temperatura o fator agroclimático mais limitante. Possui folhas alongadas de limbo elíptico. As raízes se concentram nos primeiros 20-30 cm de profundidade. A inflorescência (cabeça) se desenvolve sobre um caule curto e são formadas a partir do conjunto de primórdios florais, sendo estes primórdios florais transformados, posteriormente, em botões florais, podendo ter coloração branca, creme, amarela, e, mais recentemente, roxa e verde (MAY et al., 2007; FILGUEIRA, 2008).

A couve-flor é uma espécie alógama, com polinização feita por insetos. A flor hermafrodita possui quatro sépalas e quatro pétalas. Os estames são em número de seis. As anteras estão receptivas somente quando se aproxima a abertura da flor. O fruto é

uma siliqua com número de sementes variando entre dez a trinta, em condições normais de formação.

Já foi considerada cultura típica de outono-inverno, embora sem resistência à geada, exigindo temperaturas amenas ou frias para formar inflorescências comerciais. Ao longo do tempo, com o melhoramento genético vegetal, foram obtidas cultivares adaptadas a temperaturas mais elevadas, possibilitando o cultivo ao longo de todo o ano (MAY et al., 2007). De acordo com Maluf & Corte (1990), algumas características devem ser levadas em consideração antes de se dar início a um programa de melhoramento de couve-flor, como, por exemplo, desempenho da variação de temperatura ao longo do ciclo, precocidade, ausência de defeitos, compacidade de inflorescência, resistência às doenças, entre outros quesitos.

A faixa ótima de temperatura para couve-flor é de 14 a 20 °C, e o cultivo em temperaturas acima de 25 °C pode provocar a não formação da inflorescência ou a perda de compacidade. Temperaturas próximas a 0 °C causam injúrias por congelamento no ápice dos ramos, resultando também em não formação da inflorescência. Sob condições favoráveis, o crescimento e o desenvolvimento podem ser divididos em quatro estádios: o primeiro, de 0 a 30 dias, compreende o crescimento inicial após a emergência das plântulas até a emissão de 5 a 7 folhas definitivas; o segundo estágio, de 30 a 60 dias, ocorre a fase de expansão das folhas externas; o terceiro estágio, de 60 a 90 dias, caracteriza-se pela diferenciação e o desenvolvimento dos primórdios florais e das folhas externas. No quarto estágio, de 90 a 120 dias, ocorre o desenvolvimento da inflorescência, sendo este o estágio mais importante para produção de sementes, onde ocorre a formação e enchimento das mesmas. Contudo, o comprimento desses estádios fenológicos não é rígido, ou seja, pode variar segundo as características da própria cultivar e também da resposta da planta às condições ambientais de cultivo. O segundo e o terceiro estádios de desenvolvimento da couve-flor são de grande importância na produtividade (tamanho e conformação de inflorescência), uma vez que atuam decisivamente sobre o número e tamanho de folhas, que definirão a área foliar da planta (KIMOTO, 1993; MAY et al., 2007).

De forma geral, observa-se na couve-flor melhor desenvolvimento em solos mais argilosos, ricos em matéria orgânica e bem drenados. É pouco tolerante à acidez e ao alumínio, exigindo pH entre 6,0 e 6,8. Tanto a calagem quanto à adubação são

fundamentais para sistemas que buscam altas produtividades. Com base nos resultados da análise do solo, deve-se aplicar calcário para elevar a saturação por bases (V) a 80%, e o teor de magnésio a um mínimo de $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (TRANI et al., 1997).

Segundo Trani et al. (1997) a recomendação de adubação para o estado de São Paulo para a cultura da couve-flor constitui de uma adubação de plantio de 60 kg ha^{-1} de N, de 200 a 600 kg ha^{-1} de P_2O_5 (de acordo com P_{resina} presente no solo) e de 120 a 240 kg ha^{-1} de K_2O . Aplica-se de 3 a 4 kg ha^{-1} de B e 30 a 60 kg ha^{-1} de S. Quanto à adubação mineral de cobertura são recomendados 150 a 200 kg ha^{-1} de N e 60 a 120 kg ha^{-1} de K_2O , parcelando em quatro vezes, aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante. Para a adubação foliar pulveriza-se com ácido bórico 0,1% (três aplicações) e molibdato de amônio 0,05%. Como complemento a adubação orgânica, que representa 40 a 60 t ha^{-1} de esterco de curral curtido ou $\frac{1}{4}$ dessa dose em esterco de galinha.

Atualmente, a maioria dos produtores de couve-flor no Brasil já utilizam sementes híbridas para a produção no verão; entretanto, essas sementes apresentam preço muito superior aos das cultivares de polinização aberta (MALUF, 2001). Por esse motivo, há exigência de que a semente apresente maior qualidade, tanto genética como fisiológica.

Segundo George (2009), o primeiro fator a ser considerado para a obtenção de sementes de alta qualidade genética é a observação de um isolamento adequado entre o campo de sementes e outro campo (para sementes ou não). Segundo Maluf & Corte (1990), a couve-flor, por ser uma cultura de polinização cruzada com polinização entomófila, necessita de isolamento de 2000 a 3000 metros entre campos de produção. Para a produção de sementes genéticas e básicas as distâncias de isolamento devem ser ampliadas em até quatro vezes.

4.2 Adubação fosfatada em hortaliças

O fósforo é fundamental para o bom desenvolvimento das culturas. Porém a baixa disponibilidade na maioria dos solos brasileiros e ao processo de adsorção, não

é totalmente disponível, havendo assim a necessidade de complementação (CAMARGO et al., 2010).

É um elemento absorvido e translocado na planta como H_2PO_4^- . Tem a função estrutural, sendo constituinte de ácidos nucleicos e fosfolipídios, estando envolvido também na regulação da fotossíntese e respiração. Desempenha função essencial no metabolismo energético, fazendo parte das moléculas de ATP (adenosina trifosfato), ADP (adenosina difosfato), AMP (adenosina monofosfatada), GTP (guanosina difosfato), UTP (uridina trifosfatada), CTP (citidina trifosfatada) e pirofosfato (PEREIRA & FONTES, 2005).

É necessário para formação de sementes e frutos. 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 planta, o fósforo atua no processo da polinização e frutificação, e concentra-se, principalmente, nas flores, frutos, e possui grande efeito no desenvolvimento do sistema radicular, estimulando a formação e crescimento das raízes de modo geral, especialmente das raízes secundárias, que têm importante função na absorção de água e nutrientes (GRESPLAN, 1999). Pelo seu efeito na expansão do sistema radicular, as plantas podem explorar maior volume de solo e suportar melhor a falta de água (GONÇALVES, 2008).

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. A fitina é a principal forma de armazenamento de fósforo na semente e possui função durante a germinação da mesma (MARSCHNER, 1995). Por meio da enzima fitase, ativada durante o processo de germinação, ocorre a liberação desses nutrientes, para serem utilizados no desenvolvimento do embrião e da plântula, sendo o fósforo incorporado aos lipídios da membrana e aos ácidos nucléicos.

Segundo Nakagawa & Büll (1990), com teores de fósforo no solo acima de 70000 mg m^{-3} , por mais exigente que seja a planta, dificilmente haverá resposta à adubação fosfatada.

Existem várias pesquisas com adubação fosfatada na produção de hortaliças, como a alface (FURTADO, 2001; MOTA et al., 2003), abobrinha-de-moita (GONÇALVES, 2008), coentro (OLIVEIRA et al., 2004), couve-chinesa (SHARMA et al., 1995), mandioquinha-salsa (MESQUITA FILHO et al., 1996; VIEIRA et al., 1998), maxixe (OLIVEIRA et al., 2008), mostarda (CHAUBEY et al., 2001), rabanete (ANDREANI & LOURENÇO, 2003), rúcula (CAVALLARO JUNIOR et al., 2009), entre outras, sendo que na maioria das mesmas, observou-se que a utilização de fertilizantes fosfatados afetam a produtividade.

São poucos os estudos realizados com fósforo em *Brassica oleraceae*. Hara & Sonoda (1981), citados por Ferreira et al. (1993), observaram que com uma concentração adequada de fósforo na solução nutritiva houve um aumento na produção em repolho, porém a medida que as concentrações foram aumentadas, causando um decréscimo na produtividade. Holzschuh et al. (2004) ao relacionarem os dados de rendimento de cabeças com as doses de adubação fosfatada, observaram-se que o rendimento máximo do brócolo e da couve-flor foi atingido com a dose de fósforo equivalente a 750 kg P₂O₅ ha⁻¹. Nessas condições, os teores de P disponível no solo variaram aproximadamente entre 70 e 80 mg P dm⁻³. Já a cultura do repolho atingiu o rendimento máximo na dosagem de aproximadamente 600 kg de P₂O₅ ha⁻¹, onde a disponibilidade de P no solo, na época da colheita situava-se entre 40 a 50 mg P dm⁻³, concluíram assim que as brassicáceas, principalmente o brócolo e couve-flor são culturas altamente exigentes em termos de disponibilidade de fósforo no solo.

Macieira et al. (2007) concluíram que doses entre 450 e 500 kg ha⁻¹ de P₂O₅ podem ser recomendadas para a produtividade da couve-flor, nas condições do município de Três Corações, MG

Pelos trabalhos citados, pode-se concluir que a aplicação de doses adequadas de fósforo são eficientes para aumentar a produtividade das hortaliças, principalmente porque seu fornecimento favorece o desenvolvimento vegetativo, a floração e a frutificação (FILGUEIRA, 2008). No entanto, mesmo para a produção comercial das diferentes *B. oleraceae* há falta de pesquisas, assim como para produção de sementes.

4.3 Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes de hortaliças

Sabe-se que a produção de sementes de hortaliças é uma atividade bastante especializada, normalmente realizada por empresas com nível tecnológico e infraestruturas elevadas. Seu sucesso está diretamente vinculado a três importantes fatores: a) disponibilidade de cultivares, geralmente proveniente de programas de melhoramento genético, sejam eles públicos ou privados; b) condições climáticas específicas para cada espécie; e c) tecnologia de produção. Todos estes fatores irão influenciar na obtenção de sementes de alta qualidade, no aspecto genético, fisiológico, físico ou sanitário (NASCIMENTO, 2005).

Dentre os fatores que afetam a qualidade fisiológica das sementes destacam-se a origem da mesma, 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, a adubação, entre outros. Contudo, segundo Kano (2006) e Magro et al. (2012), poucas pesquisas tem sido realizadas visando verificar as relações existentes entre fertilidade do solo, nutrientes fornecidos às plantas e qualidade das sementes produzidas.

Os solos naturalmente férteis devem ser os preferidos para a multiplicação de sementes, pois neles se obtém as maiores produções de sementes. Entretanto, está se tornando cada vez mais difícil a escolha de tais locais, havendo necessidade da utilização de solos de fertilidade média, ou mesmo pobres, que devem ser conduzidos e adubados.

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).

Segundo Delouche (1980), cita que os trabalhos sobre as condições de fertilidade do solo no qual as sementes são produzidas e a sua relação com a qualidade das mesmas, não são concordantes e afirmou que a fertilidade do solo não tem muito efeito na qualidade das sementes, embora possa afetar a produção. Porém, neste artigo, fez referência a

alguns trabalhos que demonstraram que a deficiência de alguns nutrientes podem acarretar sensíveis prejuízos na qualidade das sementes.

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 de cultivo 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 (KANO et al., 2012).

Considerando que tanto o nitrogênio, quanto o fósforo e o potássio são translocados em quantidades consideráveis durante a formação das sementes e que durante a fase reprodutiva a exigência nutricional torna-se mais intensa (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000), a adubação pode constituir numa prática visando o aumento na produtividade e qualidade de sementes.

Foram relatados efeitos da adubação fosfatada na produção de sementes de alface (SOFFER & SMITH, 1974; KANO, 2006; KANO et al., 2012), coentro (SATPAL & JAT, 2002; ALVES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2004), couve-chinesa (SHARMA, 1995), ervilha (SHUKLA & KOHLI, 1991; UDDIN et al., 2001), pimenta (THIAGARAJAN, 1990), pimentão (SILVA et al., 1971), quiabo (ZANIN & KIMOTO, 1980; BHAI & SINGH, 1998; CHATTOPADHYAY & SAHANA, 2000), rabanete (SHARMA, 1997) e tomate (SENO et al., 1987).

Em canola (ROSSETO et al., 1997), couve-flor (JAMWAL et al., 1995), couve-chinesa (IWATA & EGUCHI, 1958, citados por SÁ, 1994; SHARMA, 1995) e mostarda (JAGGI, 1998; CHAUBEY et al., 2001), foram verificados aumentos na produtividade de sementes com a adubação com fósforo.

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, mais vigorosa é a mesma, e às próprias

funções que cada nutriente exerce na planta, seja estrutural, como constituinte de enzima, seja atuando como ativador enzimático (KANO, 2006).

Em suas considerações, Austin (1972), afirmou que as deficiências minerais afetam predominantemente o número de sementes produzidas, mas, a não ser que a deficiência seja acentuada, tem pequeno efeito sobre a composição das sementes.

Há autores como Zucareli (2005) que comentam que o efeito da nutrição das plantas na qualidade das sementes possa ser observado só após algum período de armazenamento das sementes. O que normalmente tem sido observado é a diminuição no vigor das sementes quanto maior é o tempo em que elas ficam armazenadas, sendo mais crítico nas plantas com deficiências nutricionais. Foi o que constataram Kano et al. (2011) após armazenar durante 25 meses sementes de alface que foram produzidas com diferentes doses de fósforo. O teste de germinação indicou aumento linear na primeira contagem de germinação, porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação em função das doses de P_2O_5 . Também Magro et al. (2012) relataram redução na germinação e vigor nas sementes de brócolos quanto menor as doses de composto orgânico.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental São Manuel, localizada no município de São Manuel - SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu - SP. As coordenadas geográficas da área são: 22° 46' de latitude Sul, 48° 34' de longitude Oeste e altitude de 740m.

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 (CUNHA & MARTINS, 2009). A temperatura média do mês mais quente é 23,8 °C e a do mês mais frio é de 17,5 °C, com temperatura média anual de 21 °C e total de precipitação pluvial anual de 1445 mm (média de 27 anos) (informações obtidas junto ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais – Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP).

Os dados de temperatura máxima e mínima do ar foram coletados diariamente durante a realização do experimento e obtidos por meio de termômetros,

situados dentro da estrutura de cultivo protegido na altura das plantas.

As temperaturas observadas durante o período de condução do experimento encontram-se na Figura 1. A temperatura média esteve entre 20 e 25 °C, condição adequada para o desenvolvimento da couve-flor, conforme Filgueira (2008). A temperatura é um dos fatores que mais influenciam o desenvolvimento das plantas desta espécie.

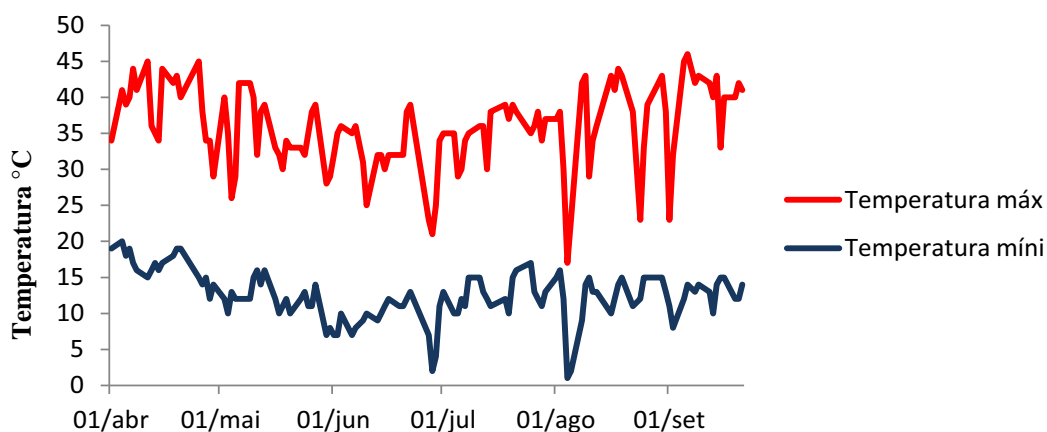


Figura 1: Temperaturas mínimas e máximas diárias na estufa agrícola durante o período do experimento. FCA/UNESP, São Manuel - SP. 2011.

As plantas foram conduzidas sob estrutura metálica de cultivo protegido (“estufa agrícola”), tipo arco, recoberta com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), transparente, de 150 μm , com 20 m de comprimento, largura de 7 m e pé direito de 1,8 m, que permaneceu com as laterais abertas para possibilitar a entrada de insetos polinizadores.

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 (EMPRAPA, 2006) como Latossolo Vermelho

Distrófico Típico. Foi um solo arenoso, com 536, 416 e 48 g kg⁻¹ de areia, de silte e de argila, respectivamente, onde foi retirado de um subsolo de barranco.

As principais características químicas do solo, usado para enchimento dos vasos, foram avaliadas de acordo com a metodologia de Rajj et al. (2001), e encontram-se na Tabela 1. Estas análises foram realizadas no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP. 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, o cálcio e o magnésio pelo método da resina trocadora de cátions. A determinação da acidez total (H + Al) foi através da solução tampão SMP. Por estes resultados, o teor inicial do fósforo no solo (11 mg dm⁻³) é considerado baixo (TRANI & RAIJ, 1997).

Tabela 1. Resultado da análise química do solo utilizado. FCA/UNESP, São Manuel - SP, 2011.

pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H+Al -----	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg -----	SB -----	CTC -----	V %
5,8	5	11	11	2,2	21	8	31	42	74

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Naturais - FCA/UNESP.

5.3. Obtenção das mudas e condução das plantas

Foi utilizada a cultivar Piracicaba Precoce, a qual apresenta plantas vigorosas, boa resistência às temperaturas elevadas, ciclo de 100 dias, época de semeadura ideal de outubro a janeiro. A inflorescência é de coloração branco-creme, com diâmetro e massa variando de 15 a 20 cm e 0,7 a 1,2 kg, respectivamente. É a cultivar de polinização aberta mais utilizada no verão e fonte de linhagens para “produção” de híbridos tropicais (MAY et al., 2007).

A semeadura foi realizada no dia 01/03/2011 em bandejas de polipropileno de 162 células, contendo substrato comercial para hortaliças, colocando-se duas sementes por célula com posterior desbaste para permanecer apenas uma plântula por célula.

As mudas foram transplantadas em 31/03/2011 em vasos com volume de 13 litros (diâmetro superior, inferior e altura de 30, 22 e 27 cm, respectivamente), sendo conduzida uma planta por vaso, totalizando quatro 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 2 apresenta-se uma vista geral do experimento.

As plantas foram tutoradas, de modo a se evitar o tombamento na fase reprodutiva e o controle fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades da cultura. A irrigação foi realizada por meio de gotejadores.



Figura 2. Vista geral do experimento. FCA/UNESP, São Manuel - SP, 2011.

5.4. Tratamentos e delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (doses de fósforo), quatro repetições e seis plantas por parcela, sendo apenas uma útil devido as amostragens realizadas ao longo do ciclo que foram utilizadas para a obtenção da curva de crescimento (que não fazem parte desta dissertação) e as perdas de algumas plantas que ocorreram no decorrer do experimento. Considerando-se que em vaso o sistema radicular de uma planta fica completamente isolado de outros sistemas

radiculares, após a coleta de uma planta os vasos remanescentes foram deslocados de modo a manter o espaçamento original.

Para a definição dos tratamentos, utilizou-se como base a dose recomendada por Raij et al. (1997) para produção de couve-flor, para um solo com teor baixo de fósforo (11 mg dm^{-3}) resultando nos seguintes tratamentos:

T0: tratamento sem fósforo (dose zero);

T300: a metade da dose de fósforo recomendada por Raij et al. (1997) ($0,5 \times \text{DR} = 300 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5);

T600: a dose recomendada ($\text{DR} = 600 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5);

T900: uma vez e meia da dose recomendada ($1,5 \times \text{DR} = 900 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5);

T1200: o dobro da dose recomendada ($2,0 \times \text{DR} = 1200 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5).

5.5. Preparo do solo, correção e adubação de plantio e em cobertura

Com base na análise química do solo, foram realizadas as correções e as adubações de plantio. A calagem foi realizada cerca de dois meses antes do transplante das mudas, utilizando-se calcário de alta reatividade ($\text{PRNT} = 90\%$), de modo a elevar a saturação por bases a 80% e a faixa de pH próximo de 6,0, conforme recomendado por Raij et al. (1997).

A adubação de plantio consistiu no fornecimento de $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$ e $240 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, conforme a recomendação de Raij et al. (1997), além da adubação orgânica, que correspondeu a 20 t ha^{-1} de composto orgânico Provaso[®], cuja composição inclui cama de frango, farelos, resíduos agroindustriais de origem controlada, além de cama de cavalo. A análise química do composto, com amostra retirada do mesmo lote utilizado no experimento, encontra-se nas Tabelas 2 e 3.

No preparo do solo, foram utilizados como fonte de nitrogênio, potássio e fósforo, o sulfato de amônio, o cloreto de potássio e o superfosfato triplo, respectivamente. O fósforo foi fornecido apenas no plantio, conforme os tratamentos indicados no item 5.4.

Como adubação de cobertura, foi utilizado o nitrogênio ($200 \text{ kg de N ha}^{-1}$) e potássio ($100 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$), parcelados em três aplicações, nos dias 08 e 20 de abril e

12 de maio de 2011, correspondentes a 38, 50 e 72 dias após o transplante. Foram utilizados os adubos nitrato de potássio e o nitrato de cálcio. Na fase de mudas foram feitas pulverizações com ácido bórico e molibdato de sódio conforme a recomendação para a cultura, assim como aos 15 dias após o transplante das mudas.

Tabela 2. Resultado da análise química do composto Provaso[®] utilizado no experimento. Resultados em percentagem de matéria seca. FCA/UNESP, 2011.

U-65°C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	M.O.	C
----- % matéria seca -----								
37,90	0,43	0,62	0,48	1,61	0,17	0,20	13,30	8,20

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP.

Tabela 3. Resultado da análise química do composto orgânico Provaso[®], utilizado no experimento. Resultados expressos em mg kg⁻¹ da matéria seca. FCA/UNESP, 2011.

Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	pH
----- mg kg ⁻¹ matéria seca -----						
967	47	7099	701	118	19/1	8,20

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Solo e Recursos Ambientais – FCA/UNESP.

5.6. Colheita das sementes

A colheita das sementes foi realizada parcelada e manualmente quando aproximadamente 50% das síliquas das plantas apresentavam coloração amarelada, não totalmente seca, e as sementes já apresentavam coloração marrom escura ou preta (MALUF & CORTE, 1990).

As sementes (juntamente com os restos das partes florais), assim que colhidas, foram levadas para câmara seca a 40 % de umidade relativa e temperatura de 20 °C,

para melhor conservação até o término das colheitas, podendo então iniciar a limpeza manual das sementes em uma única vez.

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

5.7. Características avaliadas

5.7.1 Análise química do solo coletado quinze dias após o transplante das mudas

Após a calagem e a adubação de plantio foi realizada uma nova análise química do solo para avaliar os teores de nutrientes após a adubação. A amostra foi obtida a partir de sub-amostras de todos os vasos 15 dias após o transplante na profundidade de 0-20 cm e, posteriormente, misturadas a fim de constituir uma única amostra que representasse a parcela, e então encaminhadas para o Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Naturais – FCA/UNESP.

5.7.2 Análise química do solo coletado no final do ciclo

Após o final das colheitas foi retirada uma amostra de solo de cada vaso onde havia plantas em que se colheram sementes, obtidas na profundidade de 0-20 cm e, posteriormente, foram encaminhadas para o Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP, para a determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio mais alumínio (H+Al), matéria orgânica (M.O.), pH, e calculado a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação de bases (V %).

5.7.3 Características vegetativas das plantas

No final do ciclo (16/08/2011), foram analisadas as seguintes características:

a) Altura das plantas (cm): foi determinada com auxílio de uma trena, medindo a distância entre a superfície do solo e a parte mais alta da planta;

Foi realizada a coleta das plantas, sem raiz, cortadas na região do colo, onde foram fracionadas em caule + folhas (quando presentes, por já se apresentarem em senescência) + restos reprodutivos (hastes florais sem a presença de sementes), denominadas de parte aérea:

b) Massa de matéria fresca da parte aérea da planta (g planta^{-1}): foi determinada pela pesagem da parte aérea (caule + folhas + restos reprodutivos, sem considerar as sementes) em balança digital;

c) Massa da matéria seca da parte aérea da planta (g planta^{-1}): após a secagem da parte aérea em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingir massa constante, foi determinada pela pesagem em balança digital.

5.7.4 Acúmulo de macronutrientes na parte aérea, nas sementes e total das plantas

Para obtenção dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na parte aérea e nas sementes das plantas de couve-flor, uma planta de cada parcela foi coletada após a última colheita das sementes.

Assim que coletadas, as amostras da parte aérea foram levadas ao laboratório do Departamento de Horticultura - FCA/UNESP, onde foram devidamente lavadas em água corrente e deionizada e após a remoção do excesso de água, as amostras foram colocadas em sacos de papéis, identificadas e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante (MALAVOLTA et al., 1997). Posteriormente, com o uso da balança analítica, foi obtida a massa da matéria seca de cada

amostra. Em seguida, cada amostra passou pela moagem no moinho tipo Willey. As amostras de sementes foram moídas manualmente com auxílio de cadinhos de porcelana.

Após moídas, as amostras foram encaminhadas ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP para se realizar as análises químicas. A digestão sulfúrica foi utilizada para a obtenção do extrato visando à determinação de N. A digestão nítrico-perclórica foi utilizada para a obtenção dos extratos para as determinações dos demais macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), conforme metodologias apresentadas por Malavolta et al. (1997).

A partir das análises químicas foram obtidos os teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S em g kg^{-1} . A quantidade dos nutrientes acumulados em cada amostra foi obtida pela multiplicação do teor de cada nutriente pela massa da matéria seca da amostra.

Após estes procedimentos, foram determinadas as seguintes características químicas:

- a) Acúmulo de macronutrientes na parte aérea no final do ciclo (g planta^{-1});
- b) Acúmulo de macronutrientes nas sementes de cada planta (g planta^{-1});
- c) Acúmulo total (parte aérea + sementes) de macronutrientes de cada planta (g planta^{-1}).

5.8. Produção das sementes

As sementes (juntamente com os restos das partes florais) assim que colhidas foram levadas para câmara seca a 40% de umidade relativa e à temperatura de 20°C, para melhor conservação até o término das colheitas, podendo então iniciar a limpeza manual das sementes em uma única vez. Após a debulha, as sementes foram submetidas a uma limpeza para retirada das chochas e danificadas, com um aparelho separador de sementes por densidade (modelo 'De Leo Tipo 1'), obtendo-se, assim, as sementes classificadas, seguindo a metodologia de Magro (2009). As sementes foram contadas, pesadas (com os resultados expressos em número e massa de sementes por planta) e tiveram sua qualidade avaliada.

5.9. Qualidade das sementes

5.9.1 Massa de mil sementes

Foram contadas oito sub-amostras de 100 sementes de cada parcela, sendo em seguida realizada a determinação da massa (g) em balança com quatro casas decimais de precisão, segundo a Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

5.9.2 Teste de germinação e primeira contagem do teste de germinação

O teste de germinação para as sementes foi realizado de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), em germinador a 20 °C, sendo analisadas em quatro repetições de 50 sementes por tratamento, dispostas em caixas gerbox com papel mata-borrão, umedecidos com água destilada correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As caixas permaneceram acondicionados em sacos plásticos individuais fechados, para evitar a desidratação.

A primeira contagem das plântulas normais foi realizada aos cinco dias e a segunda, aos dez dias. As sementes foram consideradas germinadas quando se percebeu o aparecimento das folhas cotiledonares (Figura 3).



Figura 3. Plântulas de couve-flor durante o teste de germinação (1ª contagem - 5 DAS). FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

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

5.9.3 Emergência em bandeja

O teste foi realizado em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial para hortaliças, conforme metodologia adotada por Lima et al. (2003), adaptada de Vieira & Carvalho (1994). Foram semeadas 100 sementes para cada parcela, as quais foram mantidas em estufa agrícola durante as avaliações. As plântulas foram consideradas emergidas quando as folhas cotiledonares estavam totalmente abertas. As avaliações de emergência foram realizadas no 5º e 10º dias após a semeadura (DAS).

5.10 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e também foi realizada a análise de regressão, definindo melhor ajuste segundo combinação de significância e maior coeficiente de determinação, para verificar o efeito das doses de fósforo nas características avaliadas.

Os dados originais foram processados pelo sistema SISVAR 5.0 - Programa de Análises Estatísticas e Planejamento de Experimentos da Universidade de Lavras (FERREIRA, 2000).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Resumo das análises de variância

Nem todas as características se obtiveram F significativo para doses de fósforo. Para a produção e número de sementes e massa de mil sementes, o efeito das doses de fósforo foi significativo (Tabela 4), porém, para as outras características de qualidade não foi significativo.

Para as características químicas do solo aos 15 dias após o transplante, apenas o teor de fósforo e pH foram significativamente influenciados (Tabela 5). Já ao final do ciclo, apenas o teor de fósforo no solo (Tabela 6), enquanto a maioria das características vegetativas foram significativas (Tabela 7), assim como para o acúmulo de macronutrientes na parte aérea (Tabela 8), nas sementes (Tabela 9) e na planta inteira (Tabela 10).

No entanto, nem sempre a ausência de significância pelo teste F corresponde a ausência de efeito, conforme destaca Pimentel-Gomes (1990), sendo necessária também a realização de análises de regressão.

Tabela 4. Valores de F para doses de fósforo e coeficiente de variação (CV) da análise de variância das características de produção e qualidade das sementes. FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

Características	F	CV (%)
Produção de sementes por planta	8,09 ^{**}	23,9
Número de sementes por planta	7,43 ^{**}	23,8
Massa de mil sementes	7,52 ^{**}	4,9
1ª contagem do teste de germinação	0,19 ^{ns}	4,5
Teste de germinação	0,85 ^{ns}	2,9
Porcentagem de plântulas emergidas no 5º DAS	0,39 ^{ns}	17,2
Porcentagem de plântulas emergidas no 10º DAS	0,75 ^{ns}	6,2

DAS= dias após a semeadura, ns= não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade.

Tabela 5. Valores de F para doses de fósforo e coeficiente de variação (CV) da análise de variância das características químicas do solo aos 15 dias após o transplante das mudas. FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

Características	F	CV (%)
Teor de P _{resina}	12,19 ^{**}	35,8
pH _(CaCl2)	3,63 [*]	2,5
Matéria orgânica	1,43 ^{ns}	32,2
H + Al	0,96 ^{ns}	12,4
Teor de K	0,13 ^{ns}	30,4
Teor de Ca	0,67 ^{ns}	18,0
Teor de Mg	0,87 ^{ns}	19,3
Soma de bases (SB)	0,48 ^{ns}	18,6
Capacidade de troca de cátions (CTC)	0,66 ^{ns}	16,0
Porcentagem de saturação de bases (V%)	0,08 ^{ns}	3,9

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade.

Tabela 6. Valores de F para doses de fósforo e coeficiente de variação (CV) da análise de variância das características químicas do solo ao final do ciclo. FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

Características	F	CV (%)
Teor de P _{resina}	29,98 ^{**}	21,0
pH _(CaCl2)	0,47 ^{ns}	4,2
Matéria orgânica	2,25 ^{ns}	14,6
H + Al	0,63 ^{ns}	16,0
Teor de K	0,14 ^{ns}	33,6
Teor de Ca	0,43 ^{ns}	26,7
Teor de Mg	0,47 ^{ns}	33,3
Soma de bases (SB)	1,28 ^{ns}	24,1
Capacidade de troca de cátions (CTC)	1,47 ^{ns}	19,9
Porcentagem de saturação de bases (V%)	0,52 ^{ns}	4,5

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade.

Tabela 7. Valores de F para doses de fósforo e coeficiente de variação (CV) da análise de variância das características vegetativas das plantas ao final do ciclo. FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

Características	F	CV (%)
Altura da planta	2,98 ^{ns}	22,3
Massa da matéria fresca da parte aérea (sem sementes)	5,78 ^{**}	21,5
Massa da matéria fresca total da planta (com sementes)	6,24 ^{**}	21,0
Massa da matéria seca da parte aérea (sem sementes)	5,18 ^{**}	22,7
Massa da matéria seca total da planta (com sementes)	6,65 ^{**}	21,1

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade.

Tabela 8. Valores de F para doses de fósforo e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as quantidades acumuladas de macronutrientes na parte aérea (caule + folhas + restos reprodutivos) no final do ciclo. FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

Características	F	CV (%)
Acúmulo de N na parte aérea	13,93 ^{**}	28,1
Acúmulo de P na parte aérea	30,29 ^{**}	28,6
Acúmulo de K na parte aérea	21,65 ^{**}	24,3
Acúmulo de Ca na parte aérea	12,06 ^{**}	33,7
Acúmulo de Mg na parte aérea	16,02 ^{**}	26,1
Acúmulo de S na parte aérea	17,03 ^{**}	26,6

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade.

Tabela 9. Valores de F para doses de fósforo e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as quantidades acumuladas de macronutrientes nas sementes. FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

Características	F	CV (%)
Acúmulo de N nas sementes	14,19 ^{**}	17,5
Acúmulo de P nas sementes	23,65 ^{**}	18,1
Acúmulo de K nas sementes	22,72 ^{**}	18,0
Acúmulo de Ca nas sementes	7,63 ^{**}	23,4
Acúmulo de Mg nas sementes	18,84 ^{**}	21,1
Acúmulo de S nas sementes	12,95 ^{**}	16,7

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade.

Tabela 10. Valores de F para doses de fósforo e coeficiente de variação (CV) da análise de variância para as quantidades acumuladas de macronutrientes na planta (parte aérea + sementes). FCA/UNESP, Botucatu - SP, 2012.

Características	F	CV (%)
Acúmulo de N na planta	9,63 ^{**}	22,8
Acúmulo de P na planta	20,32 ^{**}	27,5
Acúmulo de K na planta	13,18 ^{**}	27,3
Acúmulo de Ca na planta	11,79 ^{**}	34,1
Acúmulo de Mg na planta	10,46 ^{**}	24,7
Acúmulo de S na planta	10,74 ^{**}	23,5

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, * significativo a 5 % de probabilidade, ** significativo a 1 % de probabilidade.

6.2. Produção de sementes

Observou-se que a massa de sementes por planta ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 4), sendo a máxima produção estimada de 18,8 g de sementes por planta para a dose de 783 kg de P_2O_5 ha^{-1} . Analisando-se a curva, observou-se grande aumento na produção até os 600 kg ha^{-1} (18,1 g $planta^{-1}$) e praticamente uma estabilização até 900 kg ha^{-1} (18,53 g $planta^{-1}$), quando a curva tende a redução mais pronunciada, com produção de 15,32 g $planta^{-1}$ na maior dose estudada (1200 kg ha^{-1}).

Kano et al. (2012) obtiveram respostas lineares na produção de sementes de alface em função das doses de fósforo, tanto em massa quanto em número. No entanto, estes autores estudaram doses variando de 0 a 800 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ou seja, a maior dose foi próxima a dose estimada como a de máxima produção de sementes nesta pesquisa (783 kg ha⁻¹ de P₂O₅), além de serem espécies diferentes.

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, de 0 a 262 kg ha⁻¹, na produção de sementes de couve-flor, obtiveram resposta linear quanto ao fósforo e aumento na produção com até 175 kg ha⁻¹ de N. Jana & Mukhopadhyay (2002) verificaram aumento significativo na produção de sementes de couve-flor 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 que para a produção comercial. Para a couve-chinesa (*Brassica pekinensis*), também se verificou aumento na produção de sementes por planta em função da adubação fosfatada e do uso de potássio (SHARMA, 1995). Todos estes autores estudaram doses inferiores ao desta pesquisa e, provavelmente, não alcançaram a produtividade máxima.

Considerando-se o espaçamento de 1,0 x 0,5 m, a produção máxima estimada por hectare seria de 414,4 kg ha⁻¹, valor considerado bom por George (2009) e por Maluf & Corte (1990) para uma cultivar de verão. Destaca-se que a pesquisa foi realizada em vasos que limitam o crescimento das plantas, quando, muitas vezes, obtem-se valores inferiores aos das plantas cultivadas diretamente no solo. Na mesma época, e com a mesma cultivar e solo, haviam plantas cultivadas diretamente no solo, e as produtividades variaram de 46 a 77 g de sementes planta⁻¹, valores estes muito superiores ao das plantas em vasos (máxima estimada de 18,80 g).

Ainda em relação aos valores obtidos, esses foram superiores aos verificados por Magro et al. (2010), em brócolos, que pertence a mesma espécie da couve-flor, com máximo de 15,92 g de sementes por planta. Ainda em brócolos, estudando diferentes soluções nutritivas, Randt (2011) obteve produtividade de 6,43 a 19,90 g por planta.

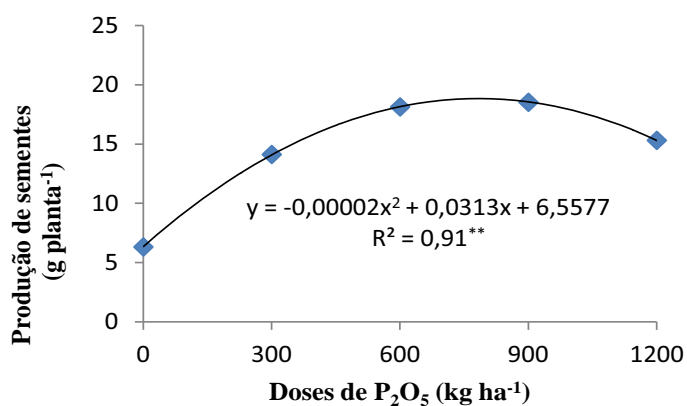


Figura 4. Produção de sementes por plantas de couve-flor em função das doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2011.

O número de sementes por planta (Figura 5) acompanhou a produção em massa, também se adequando ao modelo quadrático em função das doses de P₂O₅ utilizadas. No entanto, a máxima produção de sementes (6060 sementes planta⁻¹) ocorreu na dose de 870 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

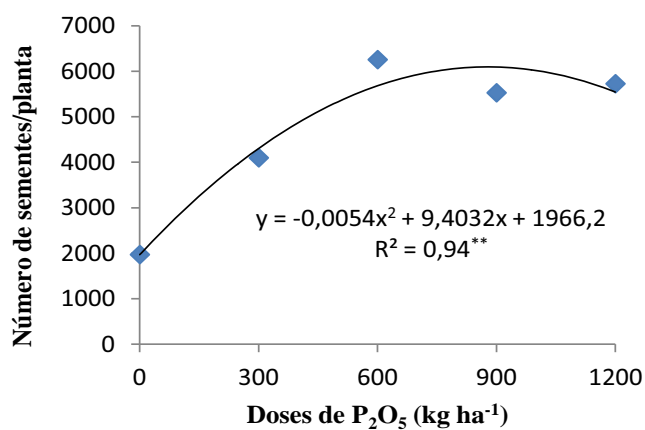


Figura 5. Número de sementes produzidas por plantas de couve-flor em função das doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2011.

As doses que resultaram na máxima produção estimada (783 e 870 kg P_2O_5 ha⁻¹ para massa e número de sementes por planta, respectivamente) foram superiores à dose máxima recomendada por Raij et al. (1997), para produção comercial de couve-flor, que é de 600 kg ha⁻¹ de P_2O_5 em solos com teores de fósforo considerados baixo e muito baixo, confirmando a maior necessidade neste nutriente quando o objetivo for a produção de sementes.

Ressalta-se que no início da fase reprodutiva, a exigência nutricional para a maioria das espécies torna-se mais intensa, sendo mais crítica na formação das sementes, quando considerável quantidade de nutrientes, como o fósforo, o nitrogênio e o potássio, são para elas translocadas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

6.3. Qualidade das sementes

Para a grande maioria das características avaliadas (primeira contagem de germinação, germinação total, emergência em bandeja ao 5º e 10º dia após a semeadura (DAS)) não foram observadas diferenças estatísticas significativas, podendo-se, assim, concluir que a qualidade das sementes não foi influenciada pelas doses de fósforo utilizadas (Tabela 11), com exceção da massa de mil sementes que apresentou diferença estatística.

Tabela 11. Médias da primeira contagem de germinação, porcentagem de sementes germinadas, porcentagem de plântulas emergidas no 5º e 10º dias após a semeadura (DAS). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012.

Tratamento (kg ha ⁻¹ de P_2O_5)	Teste de germinação		Porcentagem de plântulas emergidas no 5º DAS	Porcentagem de plântulas emergidas no 10º DAS
	1ª Contagem (%)	Germinação (%)		
0	94,5	99,0	80,0	90,0
300	95,0	97,0	67,0	80,0
600	96,5	98,0	65,0	84,0
900	95,0	95,5	71,0	88,0
1200	96,5	97,5	63,0	90,0

Os valores da massa de mil sementes apresentaram um efeito linear, porém com um coeficiente de determinação baixo (Figura 6). O aumento foi de 0,02 g (ou 20 mg) na massa de mil sementes para cada 100 kg de P_2O_5 aplicado ao solo. Também Jana & Mukhopadhyay (2002) verificaram aumento na massa de mil sementes de couve-flor com o aumento das doses de fósforo.

A média foi de 3,41 g, valor este superior ao relatado por George (2009) para couve-flor, com valor de 2,8 g, e inferior ao obtido por Magro (2009), com brócolos que pertence a mesma espécie, de 5,77 g.

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. Realmente, o efeito no número de sementes foi mais pronunciado. A diferença da menor dose (testemunha= 2039 sementes por planta), para a maior dose (1200 kg de P_2O_5 ha⁻¹= 9172 sementes por planta) foi de 7133 sementes por planta, ou seja, um incremento de 250%. Já para a massa de mil sementes, o aumento foi de apenas 7%.

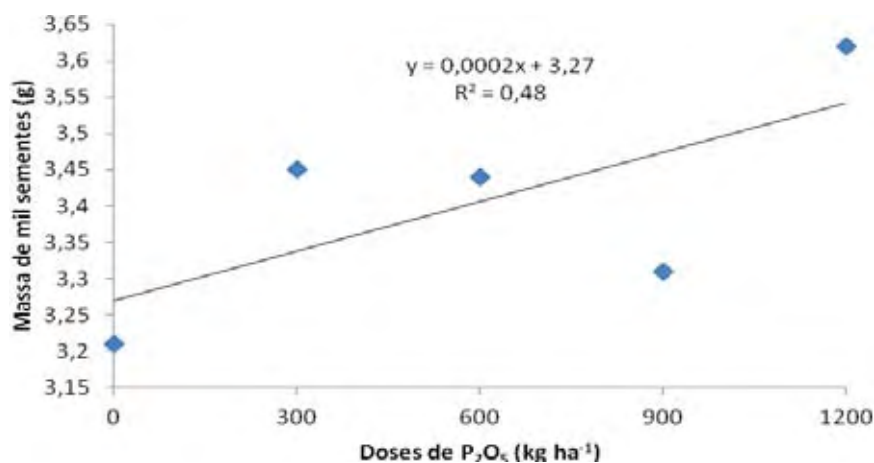


Figura 6. Massa de mil sementes de couve-flor em função das doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP. 2012

Verificou-se que a média de sementes germinadas na primeira contagem foi de 95,5% (Tabela 14), considerada muito elevada e superior ao observado por Costa et al. (2008), também para couve-flor, que obtiveram média de 81%. A porcentagem de germinação também foi elevada para todos os tratamentos, variando de 95 a 99%, com média de 97,4%. Os elevados valores obtidos na primeira contagem de germinação e germinação (ambos >94%) indicam a excelente qualidade e vigor das sementes. A germinação obtida foi muito superior ao mínimo exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para comercialização de sementes de couve-flor (70%).

Também não se verificou efeito das doses de adubação fosfatada sobre a emergência de plântulas, tanto ao 5º como no 10º DAS, apresentando-se elevada para todas as doses (Tabela 11). Alguns autores associam o vigor das sementes com a formação de mudas, como Franzin et al. (2005), que concluíram que lotes de sementes com maior qualidade inicial, detectados pelos testes de germinação e vigor realizados em laboratório, produziram mudas com massa maior. Na presente pesquisa, não houve diferença no vigor das sementes o que foi coerente com a ausência de diferença nos testes de emergência.

Estes resultados são semelhantes aos de outros autores que também observaram diferença na produção de sementes em função da adubação, mas não encontraram diferenças na qualidade das mesmas (KANO et al., 2006, 2012 em alface; MAGRO et al., 2010 e RANDT, 2011, em brócolos; ZUCARELI 2005, em feijão; DEMINICIS et al., 2010, em *Brachiaria humidicola*; NAKAGAWA et al., 1980; MARUBAYASHI et al., 1994 em amendoim; NAKAGAWA et al., 2001a; 2001b em aveia preta, e VIEIRA et al., 1987 em soja) e ajudam a confirmar a teoria de Delouche (1980) que comentou que as sementes produzidas sob condições marginais são, usualmente, tão viáveis e vigorosas quanto aquelas produzidas sob situações mais favoráveis. Nesse caso, a influência da adubação seria basicamente no número e massa de sementes produzidas, não chegando a afetar a qualidade.

Há também relatos que o efeito da nutrição das plantas na qualidade da semente possa ser observado somente após algum período de armazenamento das mesmas (ZUCARELLI, 2005). Esta perda de vigor após dois anos de armazenamento em condições ideais foi observada por Magro et al. (2012) em sementes de brócolos produzidas com diferentes doses de composto orgânico e por Kano et al. (2011) em sementes de alface

produzidas com diferentes doses de fósforo. Portanto, pretende-se realizar novos testes de germinação em 2013 para verificar se isto pode ocorrer na presente pesquisa.

Segundo Marcos Filho (2005), talvez a maior dificuldade para a elucidação das relações da adubação com o potencial fisiológico das sementes esteja na metodologia adotada pelos pesquisadores e não devido à inexistência de relação entre o estado nutricional da planta ou a fertilidade do solo e o potencial fisiológico das sementes. Quando a pesquisa é conduzida em condições de campo, a tarefa de identificação dos efeitos de nutrientes específicos, sejam macro ou micronutrientes, é severamente prejudicada pela possível interação dos elementos presentes no solo e limitações do controle experimental. A própria dificuldade metodológica para quantificar o(s) elemento(s) estudado(s), devido à variação de procedimentos e de resultados obtidos em análises químicas do solo, é outro fator agravante.

Outro ponto que pode estar proporcionando ausência de diferença de qualidade é a classificação das sementes. Na maioria das vezes, as sementes colhidas nos experimentos são beneficiadas, com a retirada das chochas e defeituosas, antes da avaliação da qualidade. Com isto, há uma uniformização dos lotes dos diferentes tratamentos quanto à qualidade fisiológica. Ressalta-se que este procedimento de beneficiamento das sementes é rotineiramente feito pelas empresas.

6.4. Análise química do solo coletado quinze dias após o transplante das mudas

Em amostragem realizada aos 15 DAT, conforme esperado, verificou-se aumento linear no teor de fósforo (P) no solo (Figura 7), com aumento de $13,7 \text{ mg dm}^{-3}$ para cada 100 kg de P_2O_5 por ha aplicado ao solo. Amorim et al. (2008) também obtiveram aumento linear no teor de fósforo, com média de $14,4 \text{ mg dm}^{-3}$ para cada 100 kg de P_2O_5 por ha aplicado em um Neossolo Quartzarênico em Mossoró-RN. Já Kano (2006) e Quadros (2010) obtiveram aumentos médios de 8,0 e $9,4 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente, para cada 100 kg de P_2O_5 por ha aplicado ao solo, ou seja, valores inferiores aos desta pesquisa, apesar de ser o mesmo solo. A disponibilidade de fósforo a partir da aplicação de fosfatos solúveis depende

da reação que controla o suprimento de fósforo à solução do solo (adsorção química ou precipitação), do pH ao redor do grânulo e do tipo de precipitado de fósforo que predomina em cada solo (HE et al., 1996).

Os teores de fósforo avaliados aos 15 DAT passaram de baixo (dose de 0 kg ha⁻¹) para alto com 300 kg ha⁻¹ e para muito alto com 900 kg ha⁻¹. Estima-se o teor de fósforo no solo de 140 mg dm⁻³, para a dose de 783 kg P₂O₅ ha⁻¹ (Figura 4), dose onde se obteve a máxima produtividade de sementes, conforme foi discutido anteriormente. Este valor é considerado muito alto pelos critérios de Raij et al. (1997).

Verificou-se redução linear do pH (Figura 7) em função das doses. Para cada aumento em 100 kg de P₂O₅ por ha aplicado ao solo, observou-se redução de 0,029 no pH. A dissolução do superfosfato triplo, utilizado neste experimento, diminuiu o pH ao redor do grânulo (FIGUEIREDO, 1985), como ele é um fosfato de cálcio, também pode originar precipitados de fósforo com cálcio (AKINREMI & CHO, 1991).

Apesar de significativo, estas alterações no valor de pH foram pequenas, e os valores variaram de 6,2 a 6,6, todos dentro da faixa ótima para a cultura tanto para a produção comercial (FILGUEIRA, 2008), como para a produção de sementes (VIGGIANO, 1990; GEORGE, 2009), faixa esta que apresenta melhor disponibilidade dos nutrientes para as plantas.

Talvez o aumento no teor de H + Al possa explicar a redução linear no pH (Figura 7), embora estas diferenças também tenham sido pequenas em valores absolutos.

Observou-se que o teor de M.O. no solo aumentou até a dose de 488 kg ha⁻¹ e com aumento da dose houve diminuição na matéria orgânica (Figura 7). No entanto, os valores foram muito próximos para todos os tratamentos, e semelhantes à análise de solo inicial (Tabela 1).

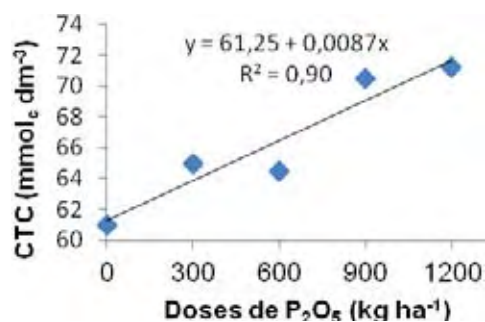
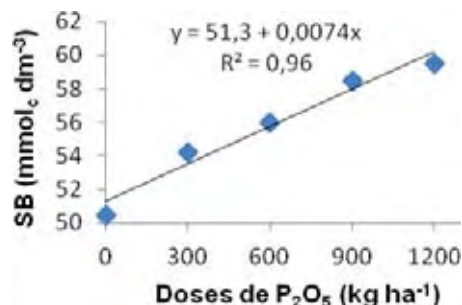
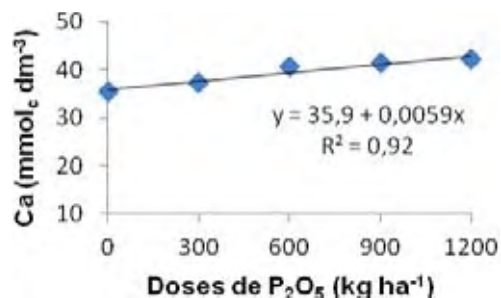
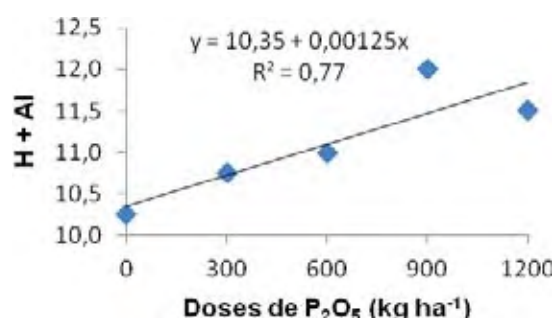
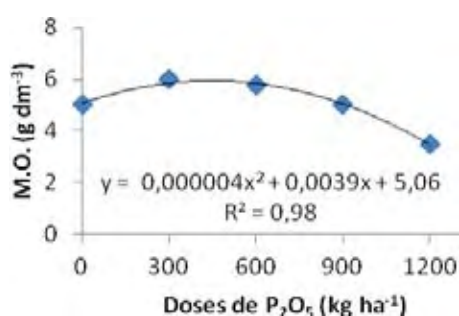
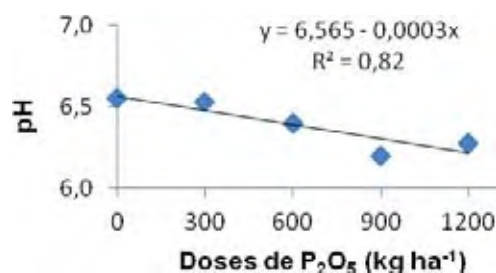
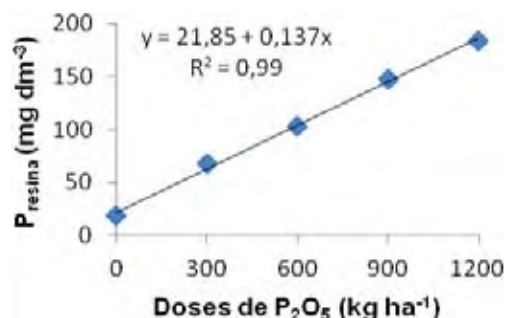


Figura 7. Teor de fósforo (P), pH, matéria orgânica (M.O.), hidrogênio+alumínio (H+Al), cálcio (Ca), soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) do solo em função das doses de fósforo (P_2O_5), aos quinze dias após o transplante das mudas de couve-flor. FCA/UNESP, São Manuel - SP, 2011.

Quanto ao macronutriente cálcio, foi possível observar aumento linear no teor no solo com as doses, com aumento de $5,9 \text{ mg dm}^{-3}$ para cada $100 \text{ kg de } P_2O_5$ por ha aplicado ao solo. É importante lembrar que ao realizar a fosfatagem, usando fertilizantes como o superfosfato triplo, não se está adicionando ao solo somente fósforo (P), mas outros nutrientes que estão contidos nos superfosfatos, como o cálcio (Ca), pois apresenta 12% de CaO. Com o aumento do cátion cálcio no solo, houve aumento linear da CTC e da SB (Figura 7). Quanto maior a CTC do solo, maior o número de cátions que este solo pode reter. Portanto, a CTC é uma característica físico-química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo.

Não se observaram diferenças significativas nos teores de potássio (média de $4,44 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), de magnésio ($11,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e percentagem de saturação por bases (média de 83%), com as doses de fósforo (Tabela 12). Os teores podem ser considerados altos, segundo os critérios de Raij et al. (1997), não sendo limitantes ao desenvolvimento das plantas e produção de sementes.

Tabela 12. Média dos teores de potássio (K), magnésio (Mg) e da saturação por bases (V%) no solo aos quinze dias após o transplante das mudas. FCA/UNESP, São Manuel - SP, 2011.

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	K ----- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----	Mg	V %
0	4,15	11,0	83,0
300	4,55	12,5	83,3
600	4,37	10,3	83,0
900	4,80	12,0	82,5
1200	4,32	12,8	83,8

6.5. Análise química do solo coletado no final do ciclo

Ao final do ciclo, assim como no início do ciclo, observou-se que os tratamentos não afetaram o teor de potássio (média de $7,45 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e de magnésio (média de $9,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Além destes, também não foram afetados o pH (média de 6,92), o teor de H + Al (média de $8,55 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e o de cálcio (média de $42,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 13). Verificou-se que os valores de pH permaneceram elevados e favoráveis à cultura. Os teores de potássio, cálcio e de magnésio foram considerados altos ou muito altos (RAIJ et al., 1997), mostrando que até o final do ciclo estes não foram limitantes ao desenvolvimento da cultura e à produção de sementes.

Tabela 13. Média de pH e dos teores de H+Al, potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) presentes no solo no final do ciclo. FCA/UNESP, São Manuel - SP, 2011.

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	pH (CaCl_2)	H+Al	mmol _c dm ⁻³		
			K	Ca	Mg
0	6,80	8,3	6,53	38,8	10,3
300	7,03	7,8	7,63	46,5	10,3
600	6,83	9,0	6,55	38,0	8,0
900	6,97	8,8	8,75	43,8	10,3
1200	6,97	9,0	7,82	44,3	11,0

Por outro lado, observou-se pequeno aumento linear no teor da matéria orgânica, da soma de bases, da CTC e da saturação por bases (Figura 8) com aumento nas doses de fósforo aplicadas ao solo. Os valores de saturação por bases foram altos e, em todos os tratamentos, estiveram pouco acima do recomendado para o cultivo de couve-flor (80%).

Já o aumento linear da matéria orgânica pode ser pelo fato de na coleta de solo ser retirado junto algumas raízes finas presentes ou restos de cultura, assim como folhas senescentes que se decompuseram, podendo melhor ser denominada de material orgânico. Segundo Grespan (1999), o fósforo favoreceu a formação de raízes.

Quanto ao teor de fósforo no solo, conforme esperado, obteve-se aumento linear com o aumento das doses (Figura 8). Verificou-se aumento de $6,9 \text{ mg dm}^{-3}$

para cada 100 kg de P_2O_5 ha^{-1} , ou seja, aproximadamente metade do aumento registrado no início do ciclo de cultivo (Figura 7). Neste mesmo solo, Kano (2006) obteve, ao final do ciclo para produção de sementes de alface, aumento médio de $6,4$ $mg\ dm^{-3}$ para cada 100 kg de P_2O_5 por ha aplicado ao solo, valor muito semelhante ao desta pesquisa.

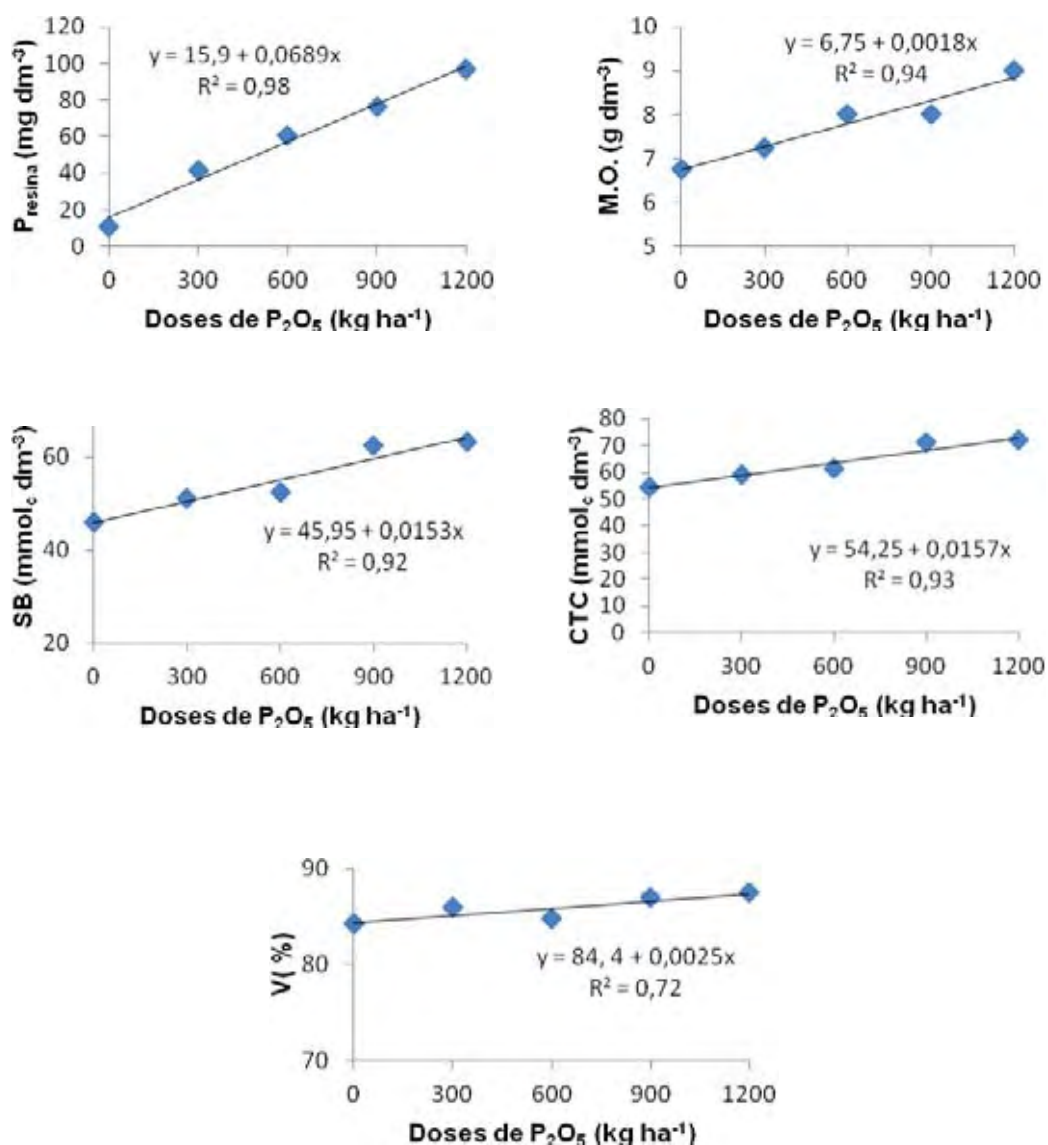


Figura 8. Teor de fósforo (P), matéria orgânica (M.O.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) do solo, no final do ciclo, em função das doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel, 2011.

A máxima produtividade de sementes foi estimada com a dose de 783 kg P₂O₅ ha⁻¹, conforme foi visto. Para esta dose, ao final do ciclo, estima-se um teor de fósforo no solo de 69,85 mg dm⁻³ (Figura 8), valor que corresponde a 53,08 % do teor no início do ciclo para esta mesma dose, porém, este valor ainda pode ser classificado como alto por Raij et al. (1997).

Para a testemunha (dose zero) o teor de fósforo foi considerado baixo, com a dose de 300 kg ha⁻¹ médio, aumentando para alto nas doses a partir de 600 kg ha⁻¹ (Figura 8).

6.6. Características vegetativas das plantas

Os valores de altura das plantas ao final do ciclo ajustaram-se ao modelo quadrático, com máxima altura estimada de 87 cm para a dose de 855 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (Figura 9), dose esta um pouco superior ao da máxima produção de sementes (783 kg de P₂O₅ ha⁻¹).

A média geral da altura de plantas foi de 73 cm, valor este superior ao relatado por Monteiro et al. (2010) para cultivo comercial, que foi de 12 cm para a cultivar Verona. No entanto, estes dados servem apenas para comprovar o aumento na altura das plantas com o florescimento e produção de sementes. Para a produção de sementes de brócolos, Magro (2009) obteve média geral da altura de aproximadamente 94 cm, o que evidencia o incremento no tamanho da planta em função do maior ciclo para a produção de sementes, porém não verificou diferença estatística entre os tratamentos.

Ambas as massas, da matéria fresca da parte aérea (Figura 10), como da matéria fresca total incluindo as sementes (Figura 11), apresentaram aumento linear, com aumento de 24 e 25 g para cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ adicionados ao solo, respectivamente.

Seguindo a mesma tendência, a massa da matéria seca, tanto da parte aérea como total, ajustaram-se ao modelo linear, apresentando crescimento contínuo, com aumento de 4,8 e 5,8 g para cada 100 kg de P₂O₅ adicionados ao solo (Figuras 12 e 13).

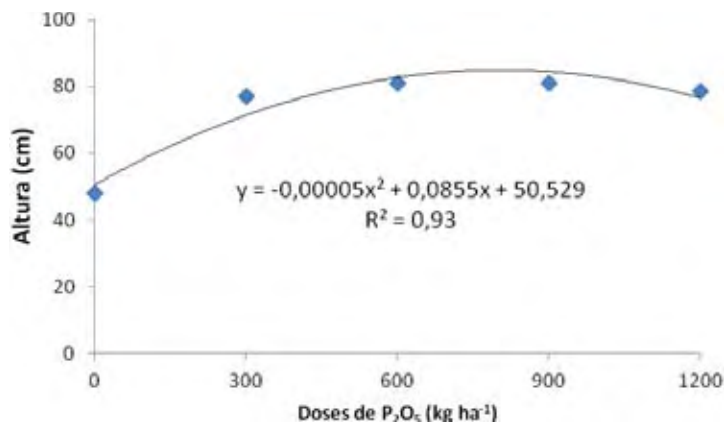


Figura 9. Altura de plantas de couve-flor ao final do ciclo em função das doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2011.

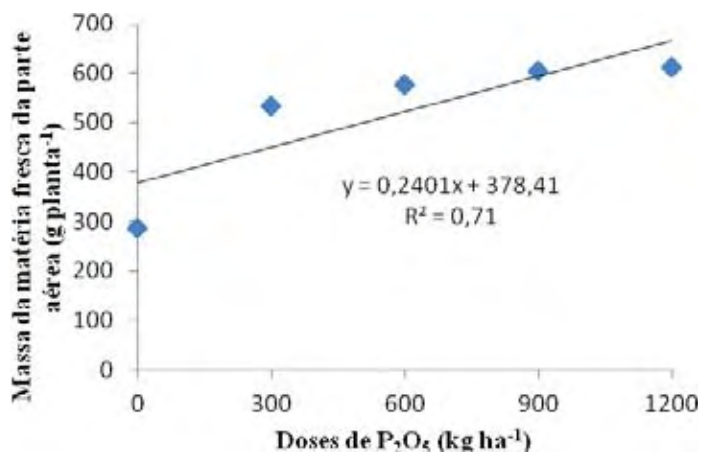


Figura 10. Massa da matéria fresca da parte aérea (sem sementes) de plantas de couve-flor ao final do ciclo em função das doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2011.

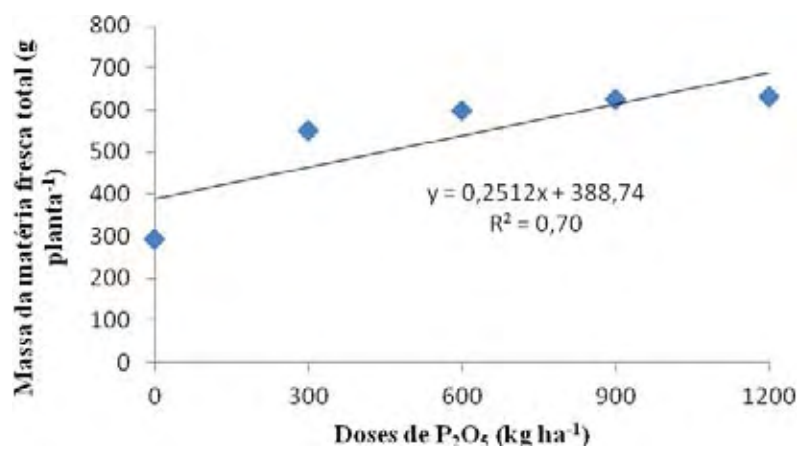


Figura 11. Massa da matéria fresca total (com sementes) de plantas de couve-flor ao final do ciclo em função das doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2011.

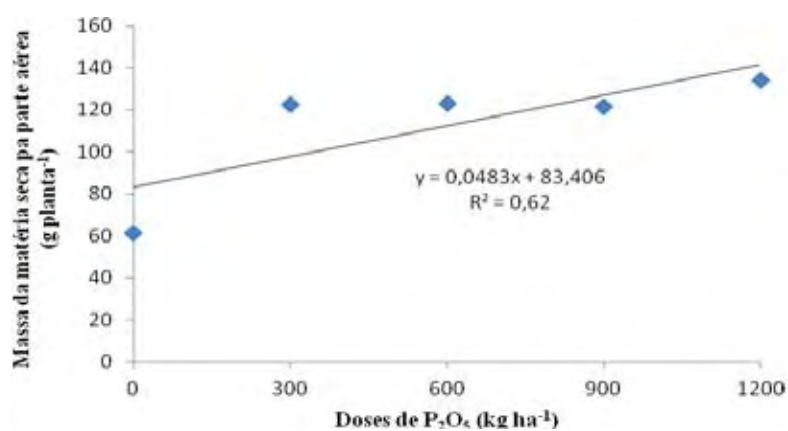


Figura 12. Massa da matéria seca da parte aérea (sem sementes) de plantas de couve-flor ao final do ciclo em função das doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2011.

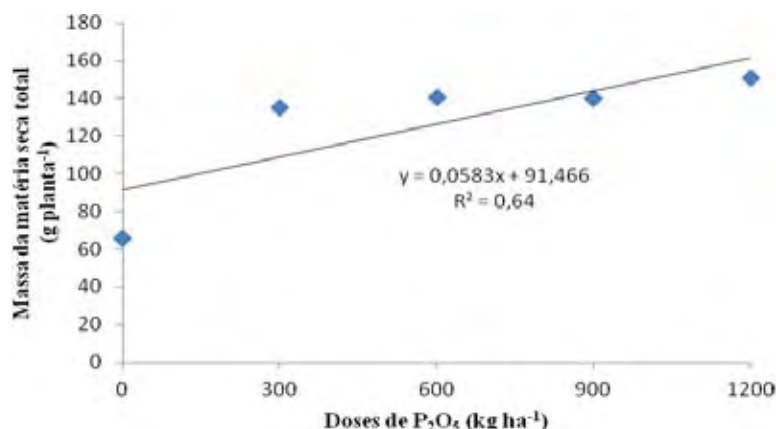


Figura 13. Massa da matéria seca total (com sementes) de plantas de couve-flor ao final do ciclo em função das doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2011.

Castoldi et al. (2009) relataram massa seca total em plantas de couve-flor de 283 g, valores superiores aos desta pesquisa. Porém, destas 283 g, 127 g foram de folhas, parte da planta não presente ao final do ciclo para produção de sementes. Além disto, com o plantio em vaso, pode haver restrição no crescimento das plantas.

Os resultados obtidos foram inferiores aos relatados por Magro (2009) para plantas de brócolos ao final do ciclo, também para produção de sementes, com média de 895 e 259 g por planta de massa de matéria fresca e seca, respectivamente. Porém, apesar de serem da mesma espécie, as plantas de brócolos ramosos apresentam maior quantidade de folhas e ramos que o da couve-flor. Além disto, ao final do ciclo as plantas já estavam senescentes e tinham caído muitas folhas ao longo do ciclo, tanto que esta característica nem foi avaliada, pois a grande maioria das plantas, independentemente do tratamento, já não apresentavam folhas verdes.

Randt (2011), que também trabalhou com produção de sementes de brócolos em sistema hidropônico, relatou massa de matéria seca total ao final do ciclo de 305g por planta.

Por estes resultados, percebe-se a fundamental importância do fósforo para o aumento da massa de matéria fresca como para massa de matéria seca das plantas.

6.7. Acúmulo de macronutrientes

6.7.1 Acúmulo de macronutrientes na parte aérea

As doses de fósforo influenciaram os acúmulos de todos os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) encontrados na parte aérea, ao final do ciclo.

Para todos os macronutrientes observou-se aumento linear com incremento nas doses de P, com aumentos de 201, 61, 527, 174, 25 e 45 mg planta⁻¹ para cada 100 kg de P₂O₅ por ha aplicado ao solo de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente (Figura 14). Como era de se esperar, o acúmulo de macronutrientes acompanhou o de matéria seca (Figura 13).

Em função das baixas concentrações existentes na solução do solo o fósforo movimenta-se predominantemente por difusão até a superfície das raízes, na qual ocorre sua absorção (MAHTAB et al., 1971; RAIJ, 1991). Portanto, os fatores genéticos da planta, a extensão do sistema radicular, o teor de água e a concentração de fósforo na solução do solo estão relacionados à difusão e conseqüentemente a absorção desse elemento pela planta através do fluxo de massa (GOEDERT et al., 1986).

A ordem decrescente do acúmulo médio dos macronutrientes na parte aérea das plantas foi: potássio > nitrogênio > cálcio > enxofre > fósforo > magnésio.

Para Haag & Minami (1892), a couve-flor, cultivar Piracicaba Precoce, e o repolho, cultivar Shikidore, também extraem maior quantidade do potássio em relação aos outros elementos. Na colza, o potássio é o nutriente mais extraído, equivalente a quantidade extraída pela couve-flor e menor que a quantidade extraída pelo repolho. O comportamento da couve-flor é o mesmo que da colza, do ponto de vista de preferência de absorção, estando o enxofre em quarto lugar, enquanto que o repolho absorve menos enxofre, em quantidades equivalentes ao magnésio.

Takeishi et al. (2009), ao estudarem a produção comercial de couve-flor, híbrido Verona, verificaram que a ordem de macronutrientes acumulados na planta foi: nitrogênio > potássio > cálcio > enxofre > fósforo > magnésio, ou seja, próxima da cultura de couve-flor para produção de sementes.

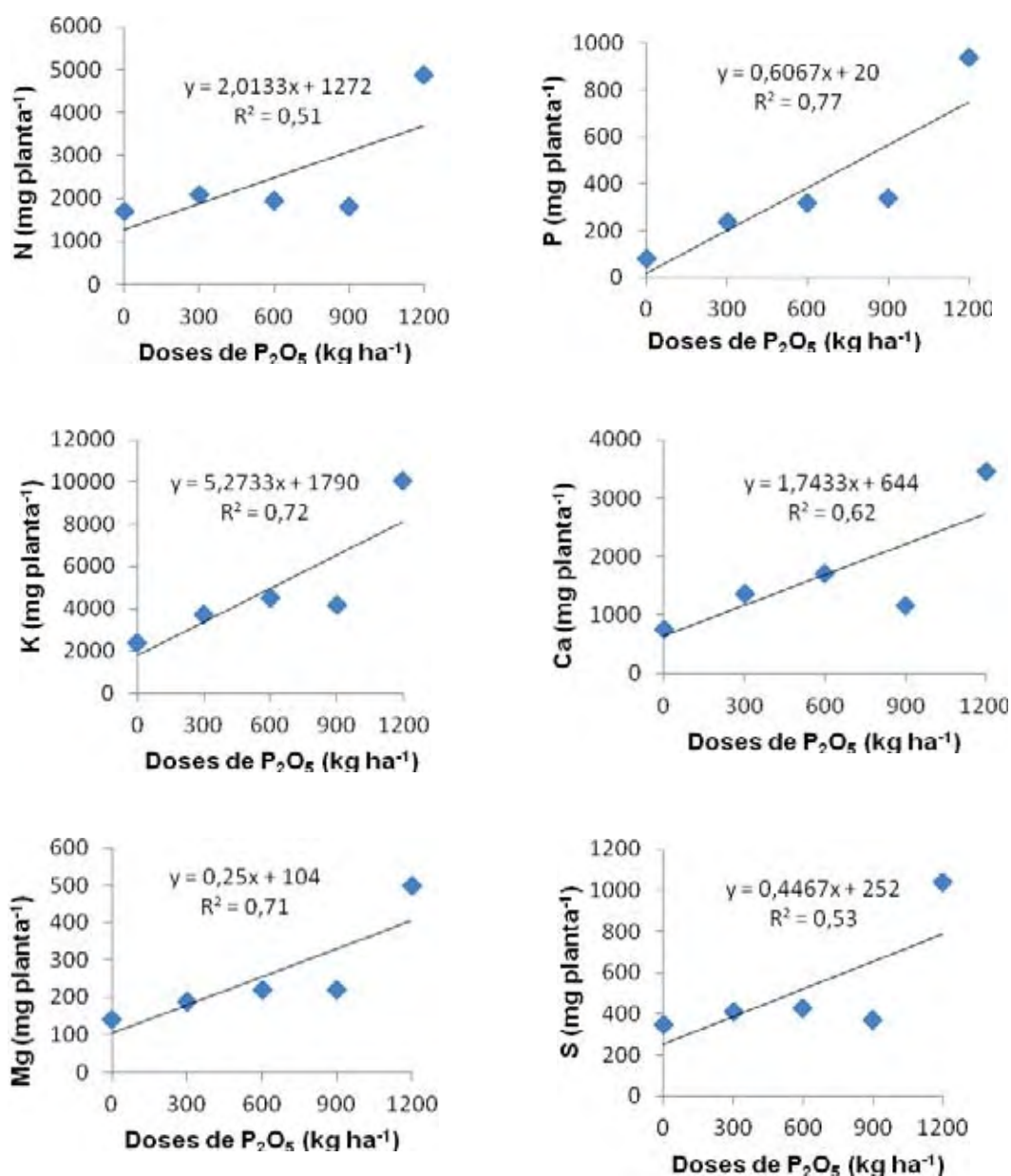


Figura 14. Quantidade acumulada de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio) na parte aérea da planta de couve-flor ao final do ciclo, em função das doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012.

6.7.2 Acúmulo de macronutrientes nas sementes

O ajuste quadrático explicou o acúmulo de todos os macronutrientes nas sementes em função ao aumento no fornecimento de P (Figura 12). Provavelmente, o efeito quadrático para o acúmulo dos macronutrientes pelas sementes deve-se ao efeito também quadrático na produção de sementes (Figura 4), conforme foi apresentado anteriormente. Os acúmulos máximos dos macronutrientes foram obtidos com as doses de 812, 903, 729, 841, 769 e 872 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para o N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Todas as estimativas de máximo acúmulo foram próximas da dose 783 kg P₂O₅ ha⁻¹, dose esta estimada para a máxima produção de sementes.

Observou-se, que nas sementes, o acúmulo de nutrientes decresceu na seguinte ordem: nitrogênio > enxofre > potássio > fósforo > cálcio > magnésio. Magro et al. (2010), ao avaliarem doses de composto orgânico no acúmulo de macronutrientes pelas sementes de brócolos, obtiveram a seguinte ordem: nitrogênio > enxofre > fósforo > potássio > cálcio > magnésio. Destacou-se como principal semelhança entre os trabalhos o enxofre ser o segundo nutriente mais acumulado. Este fato se deve a maior exigência desse nutriente para as brássicas, que retiram do solo quantidades mais substanciais de enxofre em relação a outros macronutrientes (FILGUEIRA, 2008). Porém, a maior necessidade em enxofre só foi observada nas sementes, tanto de couve-flor, como de brócolos. Para comparar, em alface (Kano, 2006), obteve a seguinte ordem de acúmulo nas sementes: nitrogênio > fósforo > potássio > magnésio > cálcio > enxofre, sendo, neste caso, o enxofre o macronutriente menos acumulado.

O enxofre é absorvido pelas plantas essencialmente na forma de íons sulfato presentes na solução do solo, em processo ativo e outros nutrientes (particularmente outros ânions) raramente afetam a absorção de sulfato (EPSTEIN, 1975). O movimento desses íons para a superfície radicular ocorre predominantemente por fluxo de massa (BARBER, 1962).

Lott et al. (1995), em uma revisão sobre várias culturas, descreveram que entre os macronutrientes avaliados, o acúmulo de nitrogênio nas sementes foi sempre maior que o dos demais nutrientes. Resultados semelhantes foram obtidos com as sementes de feijão, por Vieira (1986) e por Ramos Júnior et al. (2003), de alface (KANO, 2006) e em

brócolos (MAGRO et al., 2012). Isso demonstra a importância deste elemento (N) na composição da semente, geralmente rica em proteínas, além de ser um nutriente facilmente redistribuído na planta (MALAVOLTA et al., 1997).

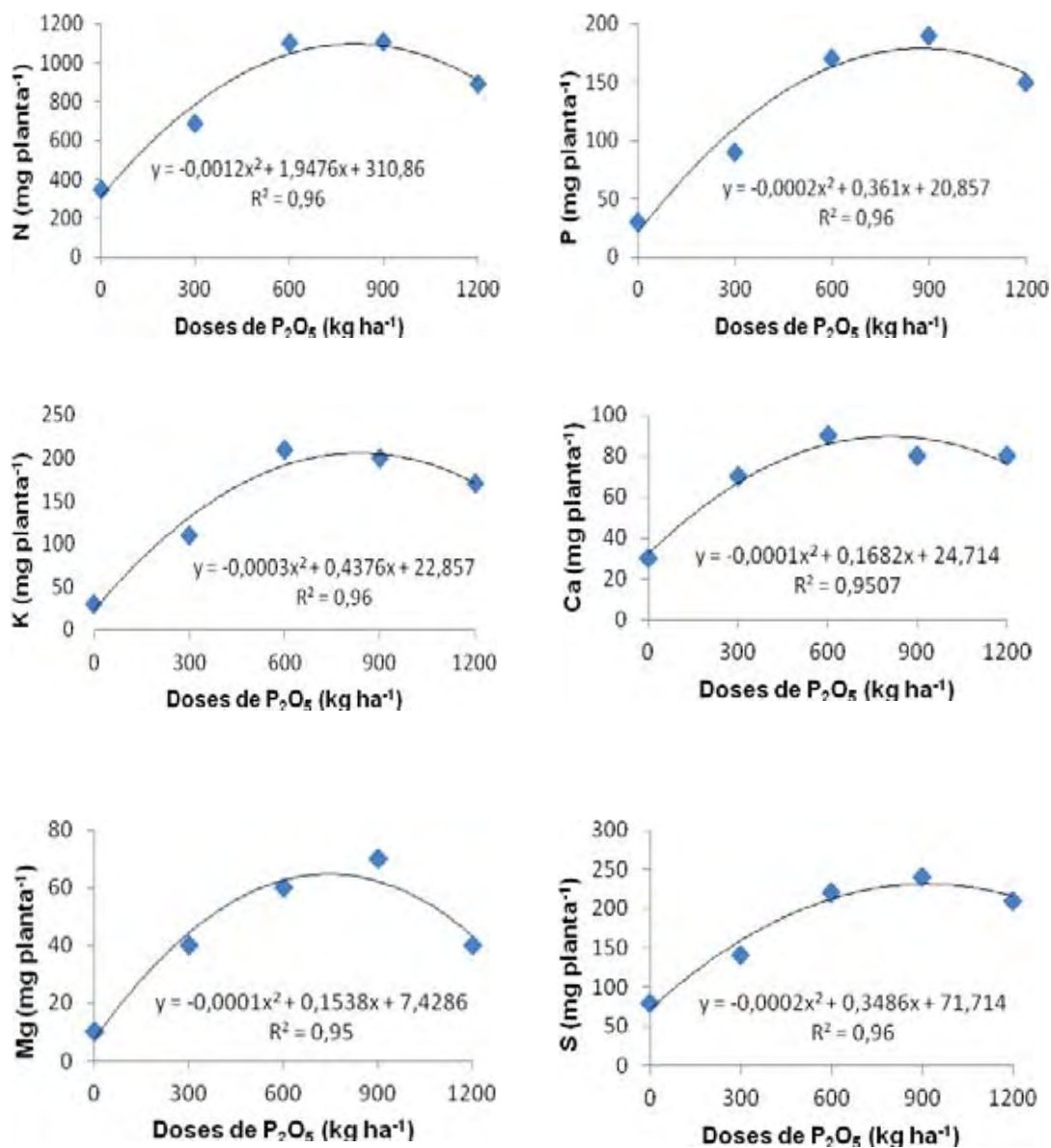


Figura 16. Quantidade acumulada de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio) nas sementes de couve-flor, em função das doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012.

O fósforo foi o quarto macronutriente mais acumulado nas sementes, com valores próximos aos do potássio que foi o terceiro. Como relatam Mayer & Poljakoff-Mayber (1975), os compostos fosforados apresentam importância extremamente grande nas várias reações que ocorrem nas sementes. Assim, o fósforo é constituinte da molécula dos ácidos nucléicos, que, por sua vez, estão relacionados com a síntese de proteínas. Integra também os fosfolipídeos (lecitina), os açúcares fosforados, os nucleótidos e a fitina, que é um sal de cálcio e magnésio.

6.7.3 Acúmulo de macronutrientes na planta toda

Para o acúmulo na planta toda (parte aérea + sementes), todos os macronutrientes apresentaram aumento linear, com aumentos de 251, 72, 540, 178, 28 e 56 mg planta⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para cada 100 kg de P₂O₅ por ha aplicado ao solo (Figura 17). Tal motivo ocorreu pelo fato da matéria seca da parte aérea ser maior que das sementes, sendo assim, o acúmulo total da planta acompanhou o crescimento linear da matéria seca da parte aérea.

Os maiores aumentos foram de N (251 mg planta⁻¹ para cada 100 kg de P₂O₅ aplicados) e K (540 mg planta⁻¹ para cada 100 kg de P₂O₅ aplicados).

A ordem decrescente dos macronutrientes acumulados na planta foi: potássio > nitrogênio > cálcio > fósforo > enxofre > magnésio.

6.8. Distribuição percentual dos macronutrientes na parte aérea e sementes

A distribuição dos macronutrientes entre parte aérea e sementes tem relação direta com a mobilidade destes na planta e com a necessidade dos nutrientes em cada parte da planta. Observou-se que o nitrogênio, o fósforo e o enxofre são os nutrientes com maior percentagem nas sementes (Tabela 18), provavelmente, por serem móveis e importantes na formação das sementes. Na planta, o fósforo apresenta uma grande mobilidade,

concentrando-se principalmente nas flores e frutos (GRESPLAN, 1999). Mesmo com a perda das folhas, o fósforo acumulado deve ter sido translocado para as hastes florais e sementes.

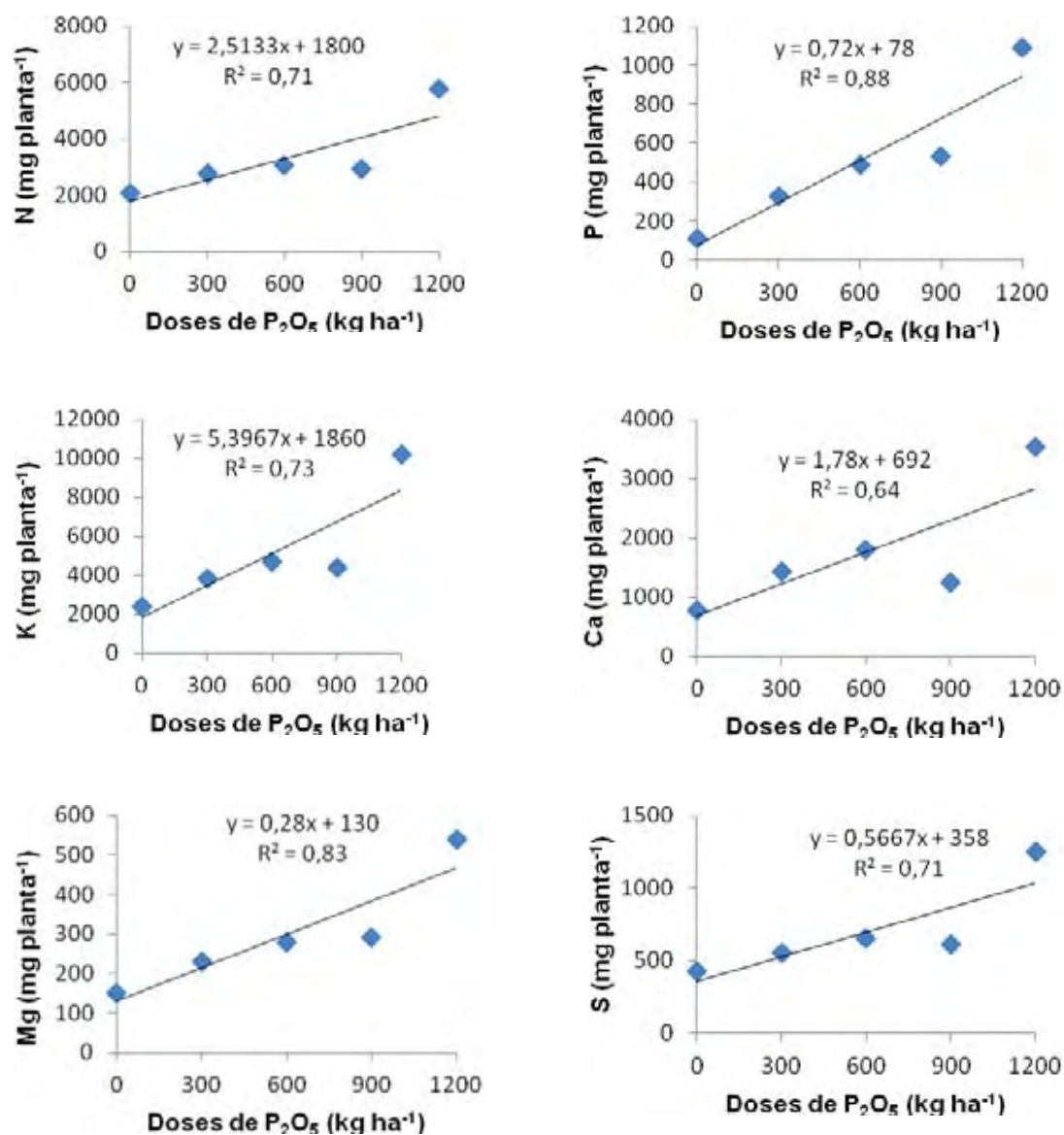


Figura 17. Quantidade acumulada de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio) na planta (parte aérea + sementes) de couve-flor ao final do ciclo, em função das doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012.

Já o cálcio é o nutriente com menor percentagem acumulada nas sementes, fato este provavelmente relacionada a pequena mobilidade deste na planta (MARSCHNER, 1995). Com a perda de folhas, provavelmente os valores obtidos para a parte aérea devem estar muito subestimados. Segundo Kano (2006), seu acúmulo nas sementes deve ocorrer apenas por absorção e transporte durante a maturação das sementes, sem redistribuição das folhas em senescência.

Na coleta de plantas para avaliação de massa da matéria fresca e seca, como as mesmas já se encontravam no final do ciclo, muitas delas já nem apresentavam folhas o que possivelmente levou a subestimar os valores da massa seca da parte vegetativa e, conseqüentemente, o acúmulo de nutrientes no caule + folhas + hastes florais. Portanto, a percentagem acumulada na parte aérea deve ser pouco superior ao calculado. Porém, estas folhas senescentes, em um campo comercial de produção de sementes, caem e os nutrientes podem ser incorporados ao solo. Geralmente, são exportados apenas os nutrientes presentes nas sementes e nas hastes florais.

Quanto ao potássio, os teores nas sementes foram muito inferiores àqueles observados na parte aérea; resultado semelhante ao obtido por Kano (2006), Kano et al. (2010), ou seja mesmo com as adubações, tanto no plantio como em cobertura de potássio, este nutriente não foi acumulado nas sementes, apenas na parte aérea.

Tabela 18. Distribuição percentual dos macronutrientes acumulados na parte aérea (P.A.) ao final do ciclo e nas sementes (Sem) de couve-flor em função das doses de fósforo. FCA/UNESP, 2012.

Doses de P ₂ O ₅	N		P		K		Ca		Mg		S	
	P.A.	Sem.	P.A.	Sem.	P.A.	Sem.	P.A.	Sem.	P.A.	Sem.	P.A.	Sem.
----- % -----												
0	82,9	17,1	72,7	27,3	98,7	1,3	96,2	3,9	93,3	6,7	81,4	18,6
300	75,0	24,9	72,7	27,3	97,1	2,9	95,1	4,9	82,6	17,4	74,6	25,5
600	64,0	35,9	65,3	34,7	95,5	4,5	95,0	5,0	78,6	21,4	66,2	33,8
900	61,8	38,1	64,2	35,8	95,4	4,6	93,6	6,4	75,9	24,1	60,7	39,3
1200	84,5	15,5	86,2	13,78	98,3	1,7	97,7	2,3	92,6	7,41	83,2	16,8

Observou-se que para a dose de 1200 kg de P₂O₅ ha⁻¹, a percentagem dos macronutrientes continuou elevada na parte aérea, porém nas sementes diminui

consideravelmente. Tal fato se deve pelo acúmulo da parte aérea ter apresentado um crescimento contínuo linear, enquanto que para o acúmulo das sementes o efeito foi quadrático, mantendo-se elevado até certa dose (aproximadamente 900 kg ha^{-1} de P_2O_5), e depois decaindo o acúmulo.

7. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que:

- Houve efeito quadrático na produção de sementes de couve-flor com as doses de fósforo (P_2O_5), sendo a máxima produção estimada para a dose de 783 e 870 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , para a produção em massa e número de sementes, respectivamente;
- A qualidade de sementes de couve-flor não é afetada com as doses de fósforo, com exceção da massa de mil sementes;
- A ordem crescente dos nutrientes acumulados nas plantas de couve-flor para produção de sementes é: potássio > nitrogênio > cálcio > enxofre > fósforo > magnésio;
- A ordem crescente dos nutrientes acumulados nas sementes de couve-flor é: nitrogênio > enxofre > potássio > fósforo > cálcio > magnésio.

8. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Agrianual 2011**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2012. p. 456-462.

AKINREMI, O. O.; CHO, C. M. Phosphate transport in calcium saturated systems: II. Experimental results in a model system. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 1282-1287, 1991.

ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SADER, R.; ALVES, A. U. Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 132-137, 2005.

AMORIM, L. B.; MARTINS, C. M.; ALVES, W. P. L. B. C.; FREIRE, M. B. G. S.; SOUZA, E. S. Disponibilidade de fósforo em neossolo quartzarênico cultivado com melão. **Caatinga**, Mossoró, RN, v. 21, n. 3, p. 141-146, 2008.

ANDREANI JUNIOR, R.; LOURENÇO, E. A. Efeito da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de raízes de rabanete cv. Juliette. In: 43 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003, Recife. **Anais...** 43 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003. v. 21.

AUSTIN, R. R. **Effects of environment before harvesting on viability**. In: Viability of seeds. Roberts, E. H. London, 1972, 114-119.

- BARBER, C. L. **Some Measurable Characteristics of Modern Scientific Prose.** Contributions to English Syntax and Philology. Gothenburg Studies in English. Stockholm: Almqvist e Wiksell, 1962. P. 21-43.
- 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009.
- 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 Research Society**, Uttar Pradesh, v. 12, n. 1-2, p. 53-56, 2001.
- CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.
- CARDOSO, A. I. I.; SILVA, N. Influência do cultivar e do tamanho das sementes na produção de couve-flor. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 6, p. 777-782, 2009.
- CARVALHO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R. Mercado de Hortaliças: tendências de produção e de preços no Brasil e na Argentina. **Informações Econômica**, São Paulo, v. 31, n. 6, 2001.
- CARVALHO, N. M; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; VARGAS, P. F. T. BRAZ, L. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. 438-446, 2009.
- CAVALLARO JUNIOR, M. L.; TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; KUHN NETO, J.; TIVELLI, S. W. Produtividade de rúcula e tomate em função da adubação N e P orgânica e mineral. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 68, n. 2, p. 347-356, 2009.
- CEASA-CAMPINAS (Centrais de Abastecimento de Campinas S. A.), disponível em: <<http://www.ceasacampinas.com.br/novo/inicio.asp>>, 2012. Acesso em: 2012.
- CEASA-SÃO PAULO (Centrais de Abastecimento de São Paulo), disponível em: <http://www.ceasacampinas.com.br/novo/cotacao_anterior.asp>, Acesso em 2013.

COSTA, C. J.; TRZECIAK, M. B.; VILLELA, F. A. Potencial fisiológico de sementes de brássicas com ênfase no teste de envelhecimento acelerado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 144-148, 2008.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. 1 CD-ROM.

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

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; SILVA, R. F. , ABREU, J. B. A.; ARAÚJO, S. A. C.; JARDIM, J. G. Adubação nitrogenada, potássica e fosfatada na produção e germinação de sementes de capim quicuío-da-Amazônia. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 32, n. 2, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ESPÍNDOLA, 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.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1975. 34 p.

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

FERREIRA, D. F. **Sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/dff02.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2010.

FIGUEIREDO, O. A. R. **Reações de superfosfato triplo e de cama de galinha poedeira com um solo Latossolo Bruno**. 1985. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 242 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Disponível em:<<http://www.fao.org>>, 2009. Acesso em: 2012.

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, DF, v. 23, n. 2, p. 193-197, 2005.

- FURTADO S. C. **Nitrogênio e fósforo na produção e nutrição mineral de alface americana cultivada em sucessão ao feijão após o pousio da área.** 2001. 78 p. (Tese mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- GEORGE R. A. T. **Vegetable seed production.** London: CABI Publishing, 2009. p. 320.
- GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. DE.; LOBATO, E. Fósforo In: GOEDERT, W. J. **Solos de Cerrados: tecnologia e estratégias de manejo.** Brasília: EMBRAPA/CPAC, 1986. p. 129-166.
- GONÇALVES, R. E. M. **Produção de abobrinha italiana influenciada por doses crescentes de nitrogênio e fósforo.** 2008. 729f. Monografia (bacharel em Engenharia agrônoma)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2008.
- 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.
- GRESPLAN, S. L.; ZANCANARO, L.; **Nutrição e Adubação do Algodoeiro no Mato Grosso.** In: Fundação – MT. Mato Grosso: Liderança e Competitividade. Rondonópolis: Fundação MT; Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1999. 182p. (Fundação MT. Boletim, 3).
- HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças.** Campinas. Fundação Cargill. 631p. 1982.
- HOLZSCHUH, M. J.; BARTZ, H. R.; TREVISAN, J. N.; MARTINS, G. A. K. . Parâmetros de rendimento de brassicáceas e a disponibilidade de fósforo em Planossolo Hidromórfico distrófico arênico estimado pelo extrator de Mehlich-1. **In: Reunião Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência no Rio Grande do Sul, Santa Maria. Reunião Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência no Rio Grande do Sul, 2004.**
- 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. Responses 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**, 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.; VILLAS BÔAS, R. L. Acúmulo de nutrientes e resposta da alface à adubação fosfatada. **Revista Biotemas**, Santa Catarina, SC, v. 25, n. 3, 2012.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BOAS, R. L.; HIGUTI, A. R. O. Germinação de sementes de alface obtidas de plantas cultivadas com diferentes doses de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 591-598, 2011.

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, DF, v. 24, n. 3, p. 356-359, 2006.

KANO, C. **Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de sementes de alface**. 2006. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

KIMOTO, T. **Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolo**. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. Nutrição e adubação de hortaliças. Potafós, Piracicaba, p. 149-178, 1993.

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

LOTT JNA; GREENWOOD JS; BATTEN GD. 1995. Mechanisms and regulation of mineral nutrient storage during seed development. In: KIGEL J; GALILI G (eds). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker. p. 215-235.

MACIEIRA, G. A. A.; FONSECA, F. H. A.; SALGADO, P. J. A.; Yuri, J. E.; LIVRAMENTO, D. E. . Produtividade Da Couve flor em função da adubação com superfosfato simples. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura**, 2007, Porto Seguro. Horticultura Brasileira, 2007. v. 25.

MAGRO, F. O. **Doses de composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis**. 2009. 50f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

MAGRO F. O.; ARRUDA, N.; CASA, J.; SALATA, A. C.; CARDOSO, A. I. I.; FERNANDES, D. M. Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 34, n. 3, p. 596-602. 2010.

MAGRO F. O.; CARDOSO A. I. I.; FERNANDES D. M. Composto orgânico no potencial fisiológico de sementes de brócolis após o armazenamento. **Semina**, Londrina, v. 33, p. 1033-1040, 2012.

MAHTAB, R. J. , GODFREY, C. L. , SWOBODA, A. B. , Phosphorus diffusion in soils: the effect of applied P, clay content and water content. **Soil Science Society of American**, Madison, v. 35, p. 393-397, 1971.

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.

MALUF, W. R. Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças. In: Nass LL (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis, MT, Fundação MT. p. 327-355, 2001.

MALUF, W. R.; CORTE, R. D. Produção de sementes de couve-flor. In: CASTELLANE, P. D.; NICOLOSI, W. M.; HASEGAWA, M. **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990, p. 77-93.

MAMBREU, E.; CARABOLANTE, M. H.; REIS, S. **Hortaliças: valor nutritivo, medicinal e cromoterápico**. Jaboticabal: Funep, 2007. 145 p.

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

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. Londres: **Academic Press**, 1995. 899 p.

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, DF, v. 16, n. 1, p. 85-89, 1994.

MAY, A.; TIVELLI, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMRA, A. G.; SACCONI, L. V.; PINHEIRO, M. Q. 2007. **A cultura da couve-flor**. Instituto Agronômico, Campinas, Brasil, 36pp. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 200).

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press Ltda. , 1975. 192p.

MESQUITA FILHO, M. V. de; SOUZA, A. F.; SILVA, H. R. da; SANTOS, F. F.; OLIVEIRA, S. A. de. Adubação nitrogenada e fosfatada para produção comercializável de mandioquinha-salsa em latossolo vermelho amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 2, p. 211-215, 1996.

MONTEIRO, B. C. B. A.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Desempenho de híbridos de couve-flor de verão em Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 1, p. 115-119, 2009.

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

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**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 260-266, 2001.

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**, Londrina, 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**, Londrina, n. 1, p. 67-74, 1980.

NAKAGAWA, J. & BÜLL, L. T. **Princípios de Calagem e adubação de Plantas Olerícolas**. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1990. 48p. (apostila)

NASCIMENTO, W. M. **Produção de sementes de hortaliças para a agricultura familiar**. Embrapa Hortaliças. Brasília, DF. 2005

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, L. R.; MENDES, J. E. M. F.; DANTAS JÚNIOR, O. R.; SILVA, M. S. Resposta do coentro à adubação fosfatada em solo com baixo nível de fósforo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 87-89, 2004.

OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, A. N. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; LEONARDO, F. A. P.; SANTOS, R. R. Rendimento de maxixe em função de doses de P_2O_5 em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 32, n. 4, 2008.

PEREIRA, P. R. G.; FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de hortaliças**. In: FONTES, P. C. R. Olericultura: teoria e prática. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 486p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

QUADROS, B. R. **Doses de composto orgânico, com e sem fósforo adicionado ao solo, na produção e qualidade de sementes de alface**. 2010. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

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 Agrônômico & Fundação IAC, 1997. 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.; 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, PR, n. 3, v. 13, p. 430, 2003.
- RANDT, M. L. **The influence of nutrient solutions on growth, seed production and seed quality of broccoli (Brassica oleracea L. var. italica Plenck)**. 2011. 143f. Master of Science in the Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University. 2011.
- ROSSETO, 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, DF, v. 19, n. 2, p. 349-354, 1997.
- 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.
- 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.
- 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, DF, 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 Chines sarson seed. **Himachal Journal of Agriculture Research**, India, v. 21, n. 1-2, p. 32-34, 1995.
- 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.
- 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, M. C. P.; GROppo, G. A.; TESSARIOLI NETO, J. Couve-flor (*Brassica oleracea* var. botrytis). Disponível em: < <http://www.cati.sp.gov.br/novacati/intranet/Tecnologias/culturas/couveflor.html> >2009. Acessado em: 2012.

- 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 annum* L.). **Experientiae**, Viçosa, MG, v. 11, n. 8, p. 297-317, 1971.
- SOFFER, H.; SMITH, O. E. Studies on lettuce seed quality: IV. Individually measured embryo and seed characteristics in relation to continuous plant growth (vigor) under controlled conditions. **Journal American Society Horticulture Science**, Alexandria, v. 99, p. 270-275, 1974.
- TAKEISHI, J.; CECÍLIO FILHO, A. B.; OLIVEIRA, P. R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor 'verona'. **Biosciencie Journal**, Uberlândia, MG, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2009.
- 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.
- TRANI, P. E.; RAIJ, B van. **Hortaliças**. In: RAIJ, B. van. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1997. 285 p.
- 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, 200
- VIEIRA, M. do C.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A.; MOSQUIM, P. R. Crescimento e produção de mandioquinha-salsa em função da adubação fosfatada e da utilização de cama-de-aviário. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 68 -73,1998.
- VIEIRA, R. D; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1994. 164p.
- 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, MG, 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, DF, n. 1, p. 83-89, 1987.
- 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.

ZANIN, A. C. W.; KIMOTO, T. Efeito da adubação e espaçamento na produção de sementes do quiabeiro. Revista **Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, 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/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.