

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA PARA REPOLHO  
CULTIVADO EM LATOSSOLO COM TEOR ALTO DOS  
NUTRIENTES**

**Gilson Silverio da Silva**  
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA PARA REPOLHO  
CULTIVADO EM LATOSSOLO COM TEOR ALTO DOS  
NUTRIENTES**

**Gilson Silverio da Silva**

**Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2012

S586a Silva, Gilson Silverio da  
Adubação fosfatada e potássica para repolho cultivado em  
Latosolo com teor alto dos nutrientes / Gilson Silverio da Silva.  
Jaboticabal, 2012  
vi, 36 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: Arthur Bernardes Cecílio Filho

Banca examinadora: Bráulio Luciano Alves Rezende, Edson Luiz  
Mendes Coutinho, Roberto Botelho Ferraz Branco, Renato De Mello  
Prado

Bibliografia

1. *Brassica oleraceae* var *capitata*. 2. Repolho verde-nutrição. 3.  
Latosolo . I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias.

CDU 635.34:631.811

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço  
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**GILSON SILVERIO DA SILVA** - nasceu em 20 de agosto de 1982, em Franca-SP, filho de Jorge Gumerindo da Silva e Dinair Silverio da Silva. Coursou de 1ª a 6ª série (1990 a 1995) na Escola Estadual de Primeiro Grau Benedito Eufrásio Marcondes Vieira, situada na cidade de Franca-SP. Coursou da 7ª a 8ª série (1996 a 1997) na Escola Estadual Capitão José Pinheiro de Lacerda, situada na cidade de Franca-SP. Coursou de 1ª a 3ª ano do Ensino Médio (1998 a 2000) na Escola Técnica Estadual Dr. Júlio Cardoso "Industrial", situada também na cidade de Franca-SP. Coursou em 2001, o Cursinho Universitário Gratuito, oferecido pelos alunos da UNESP, Câmpus de Franca. Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica da UNESP, Câmpus de Jaboticabal em março de 2002. Foi bolsista de Iniciação Científica pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC/CNPq) três anos consecutivos durante a graduação e formou-se Engenheiro Agrônomo na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, Câmpus de Jaboticabal, em janeiro de 2007. Concluiu mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, em fevereiro de 2009. Iniciou o curso de doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, em março de 2009.

## **OFEREÇO**

Aos meus pais Jorge e Dinair; ao meu irmão Joilson e sua esposa Brenda; aos meus avôs paternos Melquiades (in memorian) e Amara; aos meus avôs maternos Osvaldo e Maria; a todos meus familiares pelo amor, carinho, apoio e amizade.

## **DEDICO**

À minha querida e amada noiva Gabriella Carrijo Rodrigues,  
pelo amor, carinho, companheirismo e paciência.

“Depois de escalar uma montanha muito  
alta, descobrimos que há muitas outras  
montanhas por escalar”

**(Nelson Mandela)**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo Dom da vida e pela recuperação da saúde durante o doutorado.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade da realização do presente curso e a CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao orientador e também amigo, Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, pelo incentivo, paciência, compreensão e persistente orientação, na qual esteve sempre prontamente acessível em todos os momentos solicitados.

A banca examinadora composta pelo Prof. Dr. Bráulio Luciano Alves Rezende; Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho; Pesquisador Dr. Roberto Botelho Ferraz Branco e Prof. Dr. Renato De Mello Prado.

Aos funcionários do setor de olericultura da Unesp, Câmpus de Jaboticabal: João, Cláudio, Inauro e Tiago por todo auxílio prestado no período experimental.

Aos funcionários Sidnéia, Wagner, Nádia, Marisa e Rosane do Departamento de Produção Vegetal.

Ao Prof. Dr. Pedro, docente do Departamento de Biologia aplicada da UNESP, Câmpus de Jaboticabal e a todos os membros do conselho do programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), da gestão anterior e da presente, pela compreensão e auxílio durante a recuperação da minha saúde.

Aos amigos Ivan, Sérgio e Felipe pelo auxílio na condução e avaliações do experimento.

Aos amigos Artur, Bráulio, Marilda, Guilherme, Daniel, Crislayne, Diego, Eva, Roberto, Vinícius, Anarlete, Adriana, Vanessa, Atalita, Geovani, Fabrício, Antônio Carlos, Marilsa, Gleibson, Hamilton, Jean, Letícia, Lilian, Pablo, Renata, Mateus, Nivaldo, João Paulo e Vagner pelo convívio e companheirismo.

Aos amigos Mamede, Rosana, Juliana, Vitor, Luciana, Ronei, Hélio pela paciência, compreensão e companheirismo.

Aos amigos do Grupo de Oração Universitário (G.O.U.) especialmente o Bruno, Leandro, Poliana, Érica, Kethye, Roberta, Edna, Lisiane e Cid.

A Paróquia Santa Teresa de Jesus, de Jaboticabal; ao Pe. Luiz Gustavo (Atual pároco) e Pe. Marcelo Cervi (Ex-pároco), pelos conselhos e amizade.

A amiga Dr<sup>a</sup>. Ester, pela sua ética e profissionalismo.

A Fundação de Ensino Superior de Passos (FESP-UEMG), Passos-MG, e a todos os meus ex-alunos da agronomia formados no ano de 2011.

A toda equipe da “Casa do Agricultor” (RRRibeiro Insumos Agrícolas), loja de Ibiraci-MG, pela oportunidade oferecida e pela compreensão.

Enfim, a todos que fizeram parte desta longa caminhada, muito obrigado.

**SUMÁRIO**

	Página
LISTA DE TABELAS .....	ii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
RESUMO .....	v
SUMMARY .....	vi
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1 Fósforo .....	2
2.2 Potássio .....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	12
3.1 Localização e caracterização da área experimental .....	12
3.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	13
3.3 Instalação e condução dos experimentos .....	13
3.4 Características avaliadas .....	15
3.5 Análise estatística .....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1 Experimento 1: doses de fósforo .....	18
4.2 Experimento 2: doses de potássio .....	25
5 CONCLUSÕES .....	31
6 REFERÊNCIAS .....	32



**LISTA DE TABELAS**

	Página
Tabela 1. Dados meteorológicos do período experimental. ....	12
Tabela 2. Atributos químicos da camada de 0 a 20 cm do solo da área experimental...	13
Tabela 3. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca de folha (MSF) e massa fresca da cabeça (MFC) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo. ....	18
Tabela 4. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características teor de P na folha diagnóstica (PF), produtividade (PROD), diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), comprimento do coração (CC) do repolho 'Fuyutoyo', em função das doses de fósforo. ....	20
Tabela 5. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características acúmulo de fósforo no caule (APC), acúmulo de fósforo na folha (APF), acúmulo de fósforo na cabeça - exportação (EP), acúmulo total de fósforo (ATP) na planta do repolho 'Fuyutoyo', e teor de P no solo (PS) após a colheita do repolho, em função das doses de fósforo. ....	23
Tabela 6. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca de folha (MSF) e teor de K na folha diagnóstica (KF) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de potássio. ....	26

Tabela 7. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características massa fresca (MFC), produtividade (PROD), diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), comprimento do coração (CC) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de potássio aplicadas no solo. ....27

Tabela 8. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características acúmulo de potássio no caule (AKC), acúmulo de potássio na folha (AKF), acúmulo de potássio na cabeça – exportação (EK), acúmulo total de potássio (ATK) na planta do repolho 'Fuyutoyo', e teor de K no solo (KS) em função das doses de potássio. ....28

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
Figura 1. Área foliar (AF), massa seca de folhas (MSF) e massa fresca da cabeça (MFC) de repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo. ....	19
Figura 2. Teor de fósforo na folha diagnóstica (PF) e produtividade (PROD) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo. ....	22
Figura 3. Acúmulo de fósforo no caule do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo. ....	24
Figura 4. Teor de fósforo no solo após a colheita do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo. ....	25
Figura 5. Teor de potássio no solo após o experimento do repolho, em função das doses de potássio. ....	29

## ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA PARA REPOLHO CULTIVADO EM LATOSSOLO COM TEOR ALTO DOS NUTRIENTES

**RESUMO** – Na UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, no período de 17 de fevereiro a 6 de maio de 2009, foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar doses de fósforo e de potássio na adubação de repolho 'Fuyutoyo' cultivado em Latossolo com alto teor dos nutrientes. No primeiro experimento foram avaliadas as doses de fósforo: 0, 120, 240, 360, 480, 600 e 720 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e no segundo experimento foram avaliadas as doses de potássio: 0, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para cada experimento, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições. As doses de fósforo influenciaram a massa seca de folha, teor de P na folha diagnóstica, o acúmulo de P no caule e o teor de P no solo após a colheita. Houve ajuste polinomial quadrático para área foliar, massa da cabeça de repolho e produtividade, às doses de fósforo. As doses de potássio influenciaram o teor de K na folha diagnóstica, acúmulo de K na folha e o teor de K no solo após a colheita. Em Latossolo com teor alto de P disponível, a adubação com este nutriente influencia o crescimento e a produção do repolho 'Fuyutoyo', enquanto em Latossolo com teor alto de K disponível, a adubação com este nutriente não influencia o crescimento e a produção do repolho.

**Palavras-chave:** *Brassica oleracea* var. *capitata*, fertilização, excesso de fósforo, excesso de potássio

## PHOSPHATE AND POTASSIUM FERTILIZATION IN CABBAGE GROWN IN OXISOL WITH HIGH CONTENT OF NUTRIENT

**SUMMARY** - At UNESP, Jaboticabal, SP, from February 17 to May 6, 2009, two experiments were conducted with the objective of evaluating the levels of phosphorus and potassium fertilization on 'Fuyutoyo' cabbage grown in Oxisol with high content of nutrients. In the first experiment were evaluated the phosphorus doses: 0, 120, 240, 360, 480, 600 and 720 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and in the second experiment assessed the potassium levels: 0, 60, 120, 180, 240, 300 and 360 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. For each experiment, the experimental design was randomized blocks with seven treatments and three replications. The phosphorus levels influenced the dry leaf weight, P concentration in diagnostic leaf, the accumulation of P in the stem and also the P content in the soil after harvest. There was a quadratic polynomial fit to leaf area, head cabbage and productivity, at doses of phosphorus. The doses of potassium influenced the content of K in the diagnostic leaf, the leaf K accumulation and K content in the soil after harvest. In Oxisol with high content of available P fertilization with this nutrient influences growth and production of 'Fuyutoyo' cabbage while in Oxisol with high content of available K fertilization with this nutrient does not influence the growth and production of cabbage.

**Keywords:** *Brassica oleracea* var. *capitata*, fertilization, phosphorus excess, potassium excess

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de alta disponibilidade de fósforo e potássio no solo para as hortaliças, comparativamente a outras culturas (RAIJ et al., 1997) estimula produtores a aplicarem doses elevadas de fertilizantes. Como conseqüência, tem sido constatado que o cultivo contínuo de hortaliças em uma mesma área, no decorrer de anos, tem causado aumento nos teores de nutrientes no solo, especialmente de fósforo e potássio. Essa condição é nociva às culturas, ao produtor e ao ambiente.

Entre as hortaliças de grande expressão econômica, no Brasil, está o repolho e, assim como a maioria delas, apresenta ciclo curto, sistema radicular pouco profundo e alta demanda por nutrientes, exigindo altas doses de fertilizantes para expressar seu potencial produtivo. Entretanto, pouco se conhece sobre a fertilização fosfatada e potássica no desempenho do repolho, em termos de produtividade e qualidade de seu produto, em solos com altos teores de P e K. Nessa condição, TRANI et al. (1997) recomendam a aplicação de 200 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. Entretanto, devem ser mantidas essas doses de nutrientes quando os teores no solo são 100 ou 200% maiores do que o limite inferior da faixa de teores altos?

A crescente dependência das culturas por fertilizantes, o maior custo dos mesmos, as reservas finitas de potássio e fósforo e a preocupação com o impacto ambiental causado pelo excesso dos nutrientes são fatores que exigem melhoria constante no manejo da fertilização dos cultivos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar doses de fósforo e de potássio na adubação de repolho 'Fuyutoyo' cultivado em Latossolo com alto teor dos nutrientes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fósforo

Todas as culturas removem pequenas quantidades de fósforo do solo, sendo esse o menos acumulado dentre os três macronutrientes principais (COELHO & VARLENGIA, 1973). KHAN et al. (2002) verificaram que para produzir 70 t ha<sup>-1</sup>, a cultura de repolho absorveu 370 kg N, 37 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 400 kg K<sub>2</sub>O.

Por outro lado, trata-se do nutriente aplicado em maior quantidade nas fertilizações dos cultivos, no Brasil, o que pode ser explicado pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, também, porque o elemento tem forte interação com o solo (RAIJ, 1991).

Muitos são os fatores que afetam a disponibilidade do fósforo, podendo citar o pH, tipo e quantidade de óxidos de ferro e alumínio; teor de fósforo e outros elementos no solo, aeração, umidade, temperatura (PRADO & FERNANDES, 2001; PRADO, 2008) e até a própria planta (RAGHOTHAMA, 1999; DECHASSA et al., 2003).

Do ponto de vista do aproveitamento pelas plantas, o valor pH do solo provavelmente teria a maior influência na disponibilidade. Os produtos da fixação dependem da reação do solo. O fósforo no solo tem sua origem no mineral acessório chamado genericamente apatita. O intemperismo leva-o à solução do solo, de onde as plantas o extraem e depois servem ou não como alimento para microorganismos e animais cujos restos devolvem-no ao solo parcialmente. A erosão quebra o ciclo extraindo fósforo e outros elementos do sistema solo-planta. A atmosfera não participa do ciclo como faz, no caso do N. É que o fósforo se encontra, normalmente, no seu estado mais oxidado (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), valência +5. O íon fosfatado é muito estável, quimicamente, não passando por transformações como acontece com o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que também tem valência +5. Esta estabilidade do íon fosfatado, pouco abundante no solo, explica em parte porque, em baixa concentração na biosfera, seja capaz de sustentar a vida nos reinos vegetal e animal (MALAVOLTA, 2006).

A disponibilidade de P para absorção e utilização pelas plantas é prejudicada em solos altamente intemperizados, como os tropicais, que, geralmente, são ácidos e com grande potencial de adsorção de fósforo nas cargas positivas dos óxidos de ferro e alumínio (HOPKINS & ELLSWORTH, 2005).

Os fosfatos adicionados ao solo como fertilizantes dissolvem-se passando para a solução do solo. Devido à baixa solubilidade dos compostos de fósforo formados no solo e à forte tendência de adsorção ao solo, a maior parte do elemento passa para a fase sólida, onde fica em parte como fosfato lábil, passando gradativamente a fosfato não-lábil. O fosfato lábil pode redissolver-se, caso haja abaixamento do teor em solução, para manutenção do equilíbrio (RAIJ, 1991).

As quantidades totais de fósforo nos solos brasileiros, na profundidade de 0 a 20 cm, variam entre 0,005 e 0,2%, o que corresponde a 110 - 4400 kg/ha (MALAVOLTA, 2006), sendo que de 20% a 80% encontram-se na forma orgânica, principalmente como fitato (RAGHOTHAMA, 1999).

Quando o fósforo é aplicado ao solo, ocorrem várias transformações, podendo permanecer em compartimentos da fase sólida (lábil e não-lábil) ou da fase líquida (solução). Na fase sólida, o fósforo lábil é aquele que está fracamente retido no solo, tendo a função de manter um equilíbrio rápido com a solução do solo. O fósforo não-lábil, por sua vez, que corresponde à maior parte do fósforo inorgânico do solo, é representado por compostos insolúveis e que só lentamente podem se transformar em fosfatos lábeis, e está fortemente retido no solo. Na fase líquida encontra-se o fósforo disponível, estando na forma iônica ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ ), em função do pH. Os teores de fósforo na solução do solo são, em geral, baixos, da ordem de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  de P, sendo quase sempre inferiores a esse valor (RAIJ, 1991; PRADO, 2008).

O fósforo entra em contato com a raiz por difusão, quase exclusivamente. O fósforo inorgânico (Pi) absorvido e acumulado pelas células corticais da raiz é transferido radialmente até o xilema ao longo do simplasto (MALAVOLTA, 2006).

Na planta, o fósforo tem muitas funções como armazenar energia na fotossíntese e respiração, assim como energia para reações de síntese de proteínas, fixação biológica de nitrogênio (FBN), absorção iônica e outras (MALAVOLTA, 2006). O fósforo



se concentra principalmente nas flores e frutos, mas tem grande efeito no desenvolvimento do sistema radicular, estimulando a formação e o crescimento de raízes, especialmente das raízes secundárias, que têm importante função na absorção de água e nutrientes (COELHO & VARLENGIA, 1973). Possui ação na maturação de frutos, viabilidade das sementes e nos teores de carboidratos, óleo, gordura e proteínas (MALAVOLTA, 2006). Possui relação importante com outros nutrientes, contribuindo para melhor aproveitamento do potássio pelas plantas e controlando os efeitos do excesso de nitrogênio e de cálcio no solo (COELHO & VARLENGIA, 1973).

O fósforo, juntamente com o N, é o elemento mais redistribuído nas plantas. Quando a folha envelhece, o P é redistribuído em até 60% de seu total, via floema, para outras partes da planta, particularmente regiões de crescimento e frutos em desenvolvimento. A fácil redistribuição do fósforo permite que parte da exigência para o crescimento e produção seja satisfeita pela mobilização das reservas de fósforo, e faz com que, em condições de carência, os sintomas sejam notados, primeiramente, em órgãos mais velhos. A permanência da deficiência em P causa menor vegetação, produção, qualidade e senescência precoce (MALAVOLTA, 2006). Entretanto, quando em baixa disponibilidade no meio, plantas desenvolvem adaptações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas para adquirirem o fosfato (Pi) (RAGHOTHAMA, 1999). DECHASSA et al. (2003) constataram que o repolho foi mais eficiente na absorção de fósforo do que cenoura e batata, e propuseram como hipótese para explicar o fato que o repolho tem capacidade de mobilizar fósforo do solo por meio da exsudação de ácidos orgânicos na rizosfera.

Os teores adequados de fósforo na folha diagnóstica do estado nutricional do repolho são 4 a 7 g kg<sup>-1</sup> (TRANI & RAIJ, 1997). A exigência de fósforo para o crescimento adequado está em torno de 3 - 5 g kg<sup>-1</sup> da matéria seca das plantas durante a fase vegetativa de crescimento (MARSCHNER, 1995). A probabilidade de toxicidade com fósforo aumenta em teores mais elevados do que 10 g kg<sup>-1</sup> da matéria seca.

Os sintomas do excesso de fósforo nas plantas, em geral, não são reconhecidos diretamente, mas pode induzir deficiência de micronutrientes como cobre, ferro,

manganês e zinco. Doses altas de fósforo podem ajudar a controlar excesso dos micros catiônicos (MALAVOLTA, 2006). Reduções de biomassa associada à excessiva aplicação de P têm sido associadas à menor disponibilidade de micronutrientes (HOPKINS & ELLSWORTH, 2003). Essa condição de altos teores de P no solo, capaz de induzir deficiência de micronutrientes nas culturas, não é comumente encontrada nos solos tropicais, que são caracterizados pelo baixo teor de P disponível e alta fixação de P (PRADO, 2008). Contudo, em solos frequentemente cultivados com hortaliças a preocupação, atual, é justamente o alto teor de P disponível. DEENIK et al. (2006) afirmam que em muitas plantações de hortaliças cultivadas intensivamente, com a aplicação de fertilizantes formulados completos, ao longo dos anos, tem havido aumento no teor de fósforo no solo.

Comprovadamente, a exigência de P disponível para se obter 91 e 100% do potencial produtivo da espécie é maior nas hortaliças. De acordo com RAIJ et al. (1997), enquanto nas culturas anuais necessita-se de 16 e 40 mg dm<sup>-3</sup> de P no solo, para hortaliças o teor deve estar entre 26 e 60 mg dm<sup>-3</sup>.

Plantas de crescimento rápido e providas de sistema radicular pouco desenvolvido têm baixa eficiência no aproveitamento do fósforo do solo (RAIJ, 1991), causando elevação do teor do nutriente no meio. Essas características são encontradas em grande maioria das hortaliças, inclusive no repolho, que tem ciclo curto, cerca de 70 a 90 dias após o transplante para o campo, e o sistema radicular do repolho se concentra nos primeiros 20 a 30 cm do solo (FILGUEIRA, 2008).

WANG & LI (2004) afirmam que as respostas das culturas a aplicação de fertilizantes fosfatados dependem do fósforo disponível no solo, bem como das espécies cultivadas. Culturas em solos deficientes em fósforo disponível, em geral, apresentam boa resposta à aplicação de fósforo. Por outro lado, CASTELLANE et al. (1988) afirmam que quando o teor de P no solo estiver acima de 70 mg dm<sup>-3</sup>, dificilmente haverá resposta da planta a adubação fosfatada.

Considerando-se para efeito somente o N, P e K, a reserva de nitrogênio é inesgotável na atmosfera que é formada de N<sub>2</sub> na proporção de 72%; o fixado pela indústria de fertilizantes volta quase todo ele à atmosfera devido à desnitrificação; as

jazidas de potássio devem durar milhares de anos, e as reservas de fósforo, que devido ao efeito residual podem ter prolongada a vida útil, no entanto tendem a acabar (MALAVOLTA, 2006). De acordo com ZHANG & ZHANG (2007), há correlação linear entre população e consumo de fertilizantes, os autores também afirmam que as quantidades mundiais, *per capita* ao ano, de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos são 24,4; 6,6 e 3,7 kg, respectivamente, e devem aumentar em 37,5; 25,8 e 21,2%, até 2030.

De acordo com MALAVOLTA (2006), a eficiência de adubação costuma ser expressa em porcentagem de aproveitamento do adubo ou do elemento aplicado. Como regra, o efeito residual não é levado em conta, com o que a eficiência é subestimada. Devido às perdas por volatilização, lixiviação, fixação, irreversíveis ou parcialmente reversíveis, o aproveitamento do adubo nunca é 100%. Na literatura a eficiência de adubação fosfatada é mencionada entre 10 a 25%. A eficiência de absorção de fósforo pela cultura do repolho comparada com as culturas da cenoura e batata foi estudada por DECHASSA et al. (2003), testaram seis doses de fósforo (0, 12, 27, 73, 124 e 234 mg de P por kg de solo), em um solo que apresentava 16 mg kg<sup>-1</sup> de P. Os autores observaram que a concentração de P na matéria seca aumentou significativamente em função do acréscimo de P no solo. Também constataram que o repolho foi mais eficiente na absorção de fósforo do que cenoura e batata.

O crescimento e a absorção de fosfato das plantas de alface e repolho foram comparados numa solução com sete concentrações de fosfato na faixa de 0,06-8,0 µM. Os níveis fosfato e o pH foram mantidos constantes durante todo o período de crescimento (35 dias) pelo uso de grande volume (450 litros para 24 plantas) com fluxo contínuo de solução para cada cultura. Tanto a alface como o repolho obtiveram taxa máxima de crescimento relativo de aproximadamente 14 g de matéria seca por 100 g de matéria seca por dia. Para o repolho esta taxa de crescimento foi alcançada numa solução com concentração de fosfato de 0,5 µM. Para atingir a mesma taxa de crescimento, para a alface foi necessário uma solução de fosfato pelo menos quatro vezes maior (entre 2,0 e 4,0 µM). Estas concentrações de fosfato são muitas vezes inferiores aos relatados anteriormente para a produção máxima destas espécies. A

capacidade de repolho para atingir a produção máxima de matéria seca em solução com concentração mais baixa de fosfato do que o exigido pela alface parece ser devido a uma combinação de sua maior taxa de absorção de fosfato por unidade de raiz, em baixas concentrações de fosfato, a sua maior proporção do total fósforo planta e matéria seca contida na parte aérea, e seu quociente de maior utilização de fosfato com máxima produtividade (TEMPLE-SMITH & MENARY, 1977).

DEENIK et al. (2006) avaliaram o crescimento e a produção de repolho em função de doses de 0, 50, 99, 198 kg ha<sup>-1</sup>, em solo com teor de 351 mg dm<sup>-3</sup> e verificaram que a produção de repolho aumentou com a adição de fertilizante fosfatado, mas a maior resposta ocorreu com a adição da menor dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, as maiores quantidades de fósforo resultaram em pequeno aumento de produção.

A adição de fertilizantes fosfatados aumentou o teor de fósforo no solo acima do nível basal de 351 mg dm<sup>-3</sup> (onde não foi aplicado fósforo) para 530 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo nas parcelas que receberam a maior dose de fósforo. Nas parcelas que não receberam fósforo, a concentração de fósforo no repolho foi de 3 g kg<sup>-1</sup>, o que é o limite inferior entre deficiente e nível suficiente. A concentração de fósforo no repolho aumentou para 5 g kg<sup>-1</sup> com a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 6 g kg<sup>-1</sup>, com a aplicação de 99 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Estas concentrações estão dentro faixa de suficiência (3-7,5 g kg<sup>-1</sup>) considerada adequada para repolho. De acordo com a Agriculture Diagnostic Service Center (ADSC) do Havaí, o teor crítico de fósforo no solo, para repolho, é de 35 mg dm<sup>-3</sup> em solos pesados e 85 mg dm<sup>-3</sup> em solos leves. Conforme DEENIK et al. (2006), seus resultados mostraram que esses valores reportados pela ADSC são muito baixos e que o crescimento do repolho responde a aplicação de fertilizantes fosfatado quando o teor de fósforo no solo está abaixo de 400 mg dm<sup>-3</sup>. Acima de 400 mg dm<sup>-3</sup>, há queda de produtividade com aplicação de fósforo.

O manejo incorreto da fertilização fosfatada pode causar o excesso de fósforo no solo, o qual possui potencial para causar poluição, podendo causar eutrofização em rios e/ou lagos, através da erosão, a qual transporta o nutriente para os cursos d'água, favorecendo a proliferação de algas na camada superficial, dificultando a fotossíntese e diminuindo a oxigenação da água, devido à decomposição de matéria orgânica,

podendo causar a morte de diversos organismos aquáticos (MALAVOLTA, 2006; TOMAZ, 2006) e os metais pesados contidos em adubos fosfatados, que podem ser absorvidos pela planta e desta passar ao animal, inclusive ao homem, com eventual prejuízo à saúde (MALAVOLTA, 2006).

SHARPLEY et al. (2003) afirmam que a utilização de fósforo é essencial para melhorar a rentabilidade da agricultura e pecuária, no entanto, a exportação de fósforo para as bacias hidrográficas pode acelerar a eutrofização das águas. O rápido crescimento e a intensificação da agropecuária em muitas áreas dos Estados Unidos criaram desequilíbrios regionais na utilização de fósforo na alimentação animal e no uso de fertilizantes. Em muitas dessas áreas, o teor de fósforo no solo está em níveis acima das exigências nutricionais das culturas, com potencial para enriquecer, com fósforo, o escoamento superficial. Os autores afirmam que é preciso reduzir as perdas de fósforo da agricultura para a água, aumentando a eficiência da utilização do fósforo, com manejo da aplicação de fertilizantes fosfatados e monitorando o teor de fósforo no solo. De acordo com CHIEN et al. (2011), o objetivo do manejo dos fertilizantes fosfatados é otimizar a produção agrícola, minimizando os riscos de impactos ambientais, tais como acúmulo de cádmio tóxico em solos e a eutrofização de mananciais d'água.

## **2.2 Potássio**

Pouco mais de meia centena de enzimas são ativadas pelo potássio. A ação está relacionada com a mudança na conformação da molécula, a qual aumenta a exposição dos sítios ativos para a ligação com o substrato. É possível que uma das razões para a alta exigência de potássio, usualmente o cátion mais abundante na planta, seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima. Cátions com raios iônicos perto do tamanho do potássio, como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cs}^+$  e  $\text{Rb}^+$  podem substituí-lo, às vezes quase totalmente na ativação de várias enzimas. Ao contrário, o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Li}^+$  que têm raios maiores não podem fazê-lo como acontece, por exemplo, na sintetase do amido (MALAVOLTA, 2006).

O potássio vacuolar parece ter um papel principalmente osmótico, o qual pode ser visto na operação das células-guardas dos estômatos. Nelas, as variações no turgor resultam de mudanças na concentração de potássio, em alguns casos acompanhado por  $\text{Cl}^-$  ou um ânion orgânico (MALAVOLTA et al. 1997).

O potássio presente nos tecidos vegetais não é incorporado à fração orgânica, permanecendo como íon. Assim, quando parte do material vegetal é reciclado após a colheita, o potássio presente pode voltar rapidamente ao solo, em forma prontamente disponível (CANTARELLA, 1997).

O teor total de K do solo é distribuído em ampla faixa de força de retenção, a qual varia de porções do elemento mais intimamente ligadas à estrutura dos minerais primários, de mais difícil intemperismo, até as porções mais livres, solúveis em água. As formas de K ligadas à fase sólida do solo estão em equilíbrio com os teores deste nutriente na solução pela absorção por uma raiz, por exemplo, o equilíbrio é rompido e uma fração dele ligada a fase sólida é liberada para manter o equilíbrio (NACHTIGALL & RAIJ, 2005). O potássio trocável representa a fração disponível às plantas, embora, em alguns solos, formas não-trocáveis também possam contribuir para o fornecimento em curto prazo deste nutriente (CANTARELLA, 1997).

Em geral, os solos tropicais apresentam baixa concentração de potássio disponível; entretanto, não tão baixa como ocorre com o fósforo. O potássio é depois do fósforo, o nutriente mais consumido na agricultura brasileira (PRADO, 2008).

De acordo com RAIJ et al. (1997), quando o teor de potássio ( $\text{K}^+$  trocável) no solo é considerado médio, na faixa de  $1,6\text{-}3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , a produção relativa de hortaliças atinge 91 a 100%.

A principal forma do K no solo é a mineral, podendo estar na rede cristalina de minerais primários – feldspatos, micas (muscovita e biotita) – ou em minerais secundários (argilas do tipo 2:1, ilita e vermiculita). Com o intemperismo do solo, os minerais ricos em potássio diminuem, dando lugar às argilas 1:1, como a caulinita, que não tem potássio em sua estrutura (PRADO, 2008).

Os nutrientes na forma de cátion trocável e na solução do solo são considerados disponíveis para as plantas. Os teores trocáveis, em geral, pouco representam em

relação aos teores totais, mas em solos tropicais eles podem ser a reserva mais importante do potássio disponível. No solo, diversos fatores afetam a disponibilidade de K, como teor de argila, temperatura, o umedecimento e secagem do solo, além do valor do pH próximo de 6,5, que aumenta a sua disponibilidade (PRADO, 2008).

A análise de solo fornece informações seguras para se avaliar a disponibilidade de potássio às culturas e é o principal parâmetro utilizado para definir a recomendação das doses de fertilizantes potássicos, a partir de tabelas contidas nos boletins de recomendação de adubação. Outro parâmetro importante é a produtividade esperada, que reflete a extração do nutriente pela cultura e a remoção pelas colheitas (CANTARELLA, 1997).

Quando se aumenta o fornecimento de potássio é relativamente fácil aumentar o teor de potássio em vários órgãos das plantas, exceto para os grãos e sementes, que mantêm um teor de potássio, relativamente constante de 0,3% da matéria seca. Quando a oferta de potássio é abundante, muitas vezes ocorre o "consumo de luxo" do nutriente, o que merece atenção é a sua possível interferência na absorção e disponibilidade fisiológica do magnésio e cálcio (MARSCHNER, 1995), causando desequilíbrio nas relações K/Ca e K/Mg; menor formação da lamela média da parede por falta de cálcio; quebra do funcionamento normal da membrana plasmática, vazamento de solutos; distúrbios na formação de proteínas e no uso da energia do ATP para sínteses em geral (MALAVOLTA, 2006). Entretanto, em plantas com excesso do nutriente, a sintomatologia confunde-se com os danos causados pela salinidade, que é alta nos principais fertilizantes potássicos.

Os teores adequados de potássio na folha diagnóstica do estado nutricional, para o repolho, considerada adequada por TRANI & RAIJ (1997), variam de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup>.

CUTCLIFFE (1984), estudando os efeitos da adição do calcário dolomítico e do potássio sobre a produtividade de repolho e as perdas subseqüentes durante o período de 5 meses em armazenamento refrigerado verificou que a aplicação de 56 kg ha<sup>-1</sup> de potássio em solos com níveis iniciais de 50-100 mg dm<sup>-3</sup> de potássio não foram adequados para obter a máxima produção. A adição de 224 kg ha<sup>-1</sup> de potássio em comparação com 56 kg ha<sup>-1</sup> de potássio aumentou a produtividade média

comercializável em 7%. A análise do tecido foliar, coletado quando a cabeça de repolho começou a se formar, sugeriu que  $30 \text{ g kg}^{-1}$  de K é teor considerado adequado. CUTCLIFFE (1984) também observou que o aumento no fornecimento de potássio não teve efeito significativo sobre a massa dos repolhos, que permaneceram comercializáveis após cinco meses em dois regimes de armazenamento.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram realizados no período de 17-2 a 6-5 de 2009, no Setor de Olericultura e Plantas Aromático-medicinais, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Unesp, Câmpus de Jaboticabal, no Estado de São Paulo, a 21°15'22" Sul, 48°18'58" Oeste, e altitude de 575 metros. Os valores de temperaturas mínimas e máximas e de precipitação pluvial referentes ao período de condução do experimento (Tabela 1) foram obtidos junto à estação meteorológica da FCAV (ROLIM et al. 2011).

Tabela 1. Dados meteorológicos do período experimental.

Mês	Tmax. (°C)	Tmin. (°C)	Tmed. (°C)	UR (%)	Precipitação pluvial (mm)	ND
Fevereiro	31,2	20,6	24,7	80,9	190,6	16
Março	31,0	20,2	24,4	80,4	217,9	16
Abril	29,5	17,2	22,2	74,9	70,8	05
Maiο	28,4	15,5	20,7	75,9	26,6	04
Média	30,0	18,4	23,0	78,0	-	-

Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; Tmed: temperatura média; UR: umidade relativa do ar; ND: número de dias com chuva.

O solo da área experimental foi classificado segundo critérios da EMBRAPA (2006) como Latossolo Vermelho Eutroférico típico de textura muito argilosa, A moderado caulínico-oxídico, relevo suave ondulado a ondulado, segundo classificação da EMBRAPA (2006), cujas características químicas, analisadas segundo metodologia descrita por RAIJ et al. (2001), em pré-instalação do experimento na camada de 0 a 20 cm estão apresentadas na Tabela 2. O solo possui 560, 250 e 190 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente (CAMARGO et al., 2009).

Tabela 2. Atributos químicos da camada de 0 a 20 cm do solo da área experimental.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----			%
4,9	14	93	3,3	15	6	38	24,3	62,3	39
B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO <sub>4</sub>		Al		
-----			mg dm <sup>-3</sup> -----			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
0,30	3,9	15	18,9	2,1	9		1		

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos. No primeiro, foram avaliados sete doses de fósforo (0, 120, 240, 360, 480, 600 e 720 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e no segundo experimento foram avaliados sete doses de potássio (0, 60, 120, 180, 240, 300 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

As doses de fósforo e de potássio foram propostas com base na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O recomendadas por TRANI et al. (1997) para a cultura do repolho, quando o teor de P e de K no solo estão altos, acima de 60 mg dm<sup>-3</sup> de P e de 3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K.

Para cada experimento, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições. A área da unidade experimental foi de 2,625 x 1,10 m, e continha 2 linhas com 7 plantas por linha. A primeira planta localizada no início e no fim de cada linha da unidade experimental foi considerada bordadura. As plantas encontravam-se em arranjo de quincôncio.

### 3.3 Instalação e condução dos experimentos

O híbrido de repolho utilizado foi o Fuyutoyo, que caracteriza-se por ter folhas verdes, lisas, cabeça grande com massa entre 3,0 e 4,0 kg, diâmetro médio de 22 a 28 cm, altura média de 16 a 18 cm, boa capacidade de suportar transporte a longas distâncias, ciclo de 110 a 120 dias, e tolerante a podridão negra das crucíferas (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) (SAKATA, 2011).

As mudas foram produzidas no viveiro da empresa Agromonte, situado no município de Monte Alto, SP, as quais vieram em bandejas de polipropileno com 200 células.

A calagem foi realizada distribuindo-se calcário agrícola, de PRNT = 124% e teores de 48% e 16% de CaO e MgO, respectivamente, e a incorporação feita com grade, 30 dias antes do transplante, para elevar a saturação por bases a 80%, conforme recomendação de TRANI et al. (1997). Não foi realizada a adubação orgânica. O preparo do solo consistiu em aração, gradagem e preparo de canteiros com rotoencanteirador.

No experimento para avaliar doses de fósforo, aplicaram-se, em plantio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio, 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, usando como fonte o cloreto de potássio. Em pulverização no solo, antes do plantio foi aplicado 4 kg ha<sup>-1</sup> de boro (bórax). As doses de P, previstas nos tratamentos, foram aplicadas totalmente no plantio, na forma de superfosfato triplo. As adubações de cobertura foram feitas com 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na fonte cloreto de potássio, parceladas em quantidades iguais aos 15, 30 e 45 dias após o transplante (DAT).

No experimento para avaliar doses de potássio, foram aplicados, em plantio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato simples, e as doses de potássio, na fonte cloreto de potássio, seguiram o previsto nos tratamentos. Contudo, a dose máxima aplicada, no plantio, foi 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo o restante aplicado em adubação de cobertura, em três parcelas iguais aos 15, 30 e 45 dias após o transplante (DAT), assim como para N, na fonte de sulfato de amônio, totalizando 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em pulverização no solo, antes do plantio foi aplicado 4 kg ha<sup>-1</sup> de boro (bórax).

Nos dois experimentos foram aplicados molibdênio em pulverização, quinze dias após o transplante, utilizando 0,5 g por litro de molibdato de amônio.

Todos os fertilizantes, inclusive os tratamentos com fósforo, foram distribuídos previamente ao transplante das mudas foram aplicados sobre o canteiro e incorporados

entre 0 e 15 cm. Em cobertura, as quantidades dos fertilizantes N e K foram calculadas pelo número de plantas em 1 ha, e distribuídas próximo às plantas.

O transplante foi realizado no dia 17-2-2009. O espaçamento adotado foi de 1,00 x 0,60 m entre linhas duplas, no canteiro, e 0,35 m entre plantas (35.714 plantas por hectare) e logo após o transplante as mudas foram irrigadas.

A irrigação, via aspersão, foi feita com aspersores ZE-30D da Asbrasil, com bocais de 4,5 x 5,5 mm de diâmetro, espaçados de 12 x 12 m e lâmina d'água variável. O controle das plantas daninhas foi por meio de enxada. Foram realizadas pulverizações com inseticidas para o controle de traça das crucíferas (*Plutella xylostella*), vaquinha (*Diabrotica speciosa*), pulgão (*Brevicoryne brassicae*) e mosca-branca (*Bemisia argentifoli*), e com fungicidas preventivos para o controle de Alternariose (*Alternaria* spp.).

Para cada experimento, a colheita das plantas em todos os tratamentos foi realizada quando 80% das cabeças de repolho de cada tratamento se mostrou com característica comercial, o que aconteceu para todas as parcelas, em 6 de maio de 2009, perfazendo-se 79 dias do transplante até a colheita, e ciclo de 120 dias.

### 3.4 Características avaliadas

- **Teores de K e P na folha diagnóstica do repolho:** Quando as plantas atingiram o início da formação de cabeça, realizou-se a coleta da folha diagnóstica, segundo a recomendação de TRANI & RAIJ (1997), para avaliação do estado nutricional. Foram coletadas 10 folhas de cada parcela no período da manhã e levadas ao Laboratório para serem lavadas com água corrente e em seguida mergulhadas rapidamente em solução com água deionizada por três vezes, uma vez em cada balde. Após a remoção do excesso de água, as amostras foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem massa constante. Em seguida, a matéria seca foi moída no moinho tipo Willey. O

preparo dos extratos para leitura do teor de K (no experimento de K) e P (no experimento de P) foram realizados conforme BATAGLIA et al. (1983).

- **Área foliar (AF):** no dia da colheita a área foliar das folhas externas à cabeça de duas plantas de repolho (folhas fotossinteticamente ativas), foram medidas em aparelho eletrônico, marca LICOR, modelo 3100 Expressa em  $\text{dm}^2$  por planta.
- **Número de folhas (NF):** Após a colheita da cabeça, contou-se o número de folhas de duas plantas por parcela e obteve-se a média expressa em folhas por planta.
- **Massa seca das folhas externas à cabeça (MSF):** após a colheita da cabeça, as folhas de duas plantas foram lavadas, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação de ar, a  $65^\circ\text{C}$ , até atingir massas constantes e pesadas. Expressa em gramas por planta.
- **Massa fresca da cabeça (MFC):** Após a colheita, as cabeças foram pesadas separadamente e obteve-se o valor médio, expresso em gramas por planta.
- **Produtividade:** Obtida pela soma da massa da cabeça do repolho produzida por todas as plantas colhidas na área útil (composta por 10 plantas). Expresso em  $\text{kg m}^{-2}$ .
- **Diâmetros da cabeça do repolho:** os diâmetros longitudinais (DL) e transversais (DT) da cabeça de duas plantas de cada parcela foram medidos com régua, expressos em centímetros.
- **Comprimento do coração (CC):** o comprimento do coração (prolongamento do caule) de uma cabeça de cada parcela foi medido com paquímetro, expresso em centímetros.

- **Teor de P e K no solo:** após o término do experimento foram coletadas 10 amostras simples de solo de cada parcela, na profundidade de 0-20 cm, que foram misturadas e retiradas uma amostra composta para determinação dos teores de K e P disponível no solo. As amostras foram colocadas para secar à sombra e quando estavam secas foram peneiradas. Em seguida foram levadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo, da Unesp, Câmpus de Jaboticabal, para determinação do teor de K e P segundo a metodologia descrita por RAIJ et al. (2001).
- **Acúmulo de P e K P:** foi calculado mediante o produto entre o teor de nutrientes obtido nas diferentes partes da planta por ocasião da colheita e a massa seca correspondente a cada parte da planta (folha, caule e cabeça), também obtida na colheita. As partes da planta foram lavadas e secas conforme descrito na característica 'Teor foliar de K e P'. As massas das folhas, caules e cabeças secas foram determinadas em balança analítica (duas casas decimais). O total acumulado pela planta correspondeu à soma das quantidades acumuladas na folha, caule e cabeça.
- **Exportação K e P:** considerou-se como exportação as quantidades de nutrientes presentes na cabeça do repolho. Os valores das quantidades de K e P foram respectivamente expressos em g por planta e mg por planta.

### 3.5 Análise estatística

Foi realizada análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ), segundo o delineamento proposto e análise de regressão polinomial. Foi escolhida a equação com ajuste significativo e com maior coeficiente de determinação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1: doses de fósforo

O número de folhas do repolho 'Fuyutoyo' não foi influenciado significativamente pelas doses de P (Tabela 3), e também não houve ajuste significativo da regressão polinomial. O número médio de folhas externas à cabeça de repolho, por planta, no final do ciclo, foi de 10 folhas.

Tabela 3. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca de folha (MSF) e massa fresca da cabeça (MFC) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	NF (folhas/planta)	AF (dm <sup>2</sup> /planta)	MSF (g/planta)	MFC (g/planta)
0	8,4	49,4	42,5	1630,2
120	11,0	68,3	59,0	1655,9
240	10,0	78,0	73,0	1948,0
360	10,0	70,4	68,1	1760,5
480	9,0	73,3	49,9	1968,6
600	9,0	68,1	51,9	1935,4
720	9,3	69,02	39,2	1710,9
Tratamentos	1,2 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>	5,6 <sup>**</sup>	3,0 <sup>ns</sup>
Regr. 1º grau	0,2 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>
Regr. 2º grau	1,4 <sup>ns</sup>	7,9 <sup>*</sup>	22,6 <sup>**</sup>	7,3 <sup>*</sup>
Regr. 3º grau	4,2 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>ns</sup>	4,3 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>
CV (%)	14,4	14,2	16,8	8,1

\*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

A área foliar do repolho 'Fuyutoyo' não foi influenciada significativamente pelas doses de P (Tabela 3), mas houve ajuste significativo dos dados à equação de segundo grau.

A máxima área foliar de 75,05 dm<sup>2</sup> por planta foi obtida com aplicação de 420 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o que correspondeu um aumento de 39,50% em relação a área foliar de 53,8 dm<sup>2</sup>/planta obtida sem a aplicação de P (Figura 1).

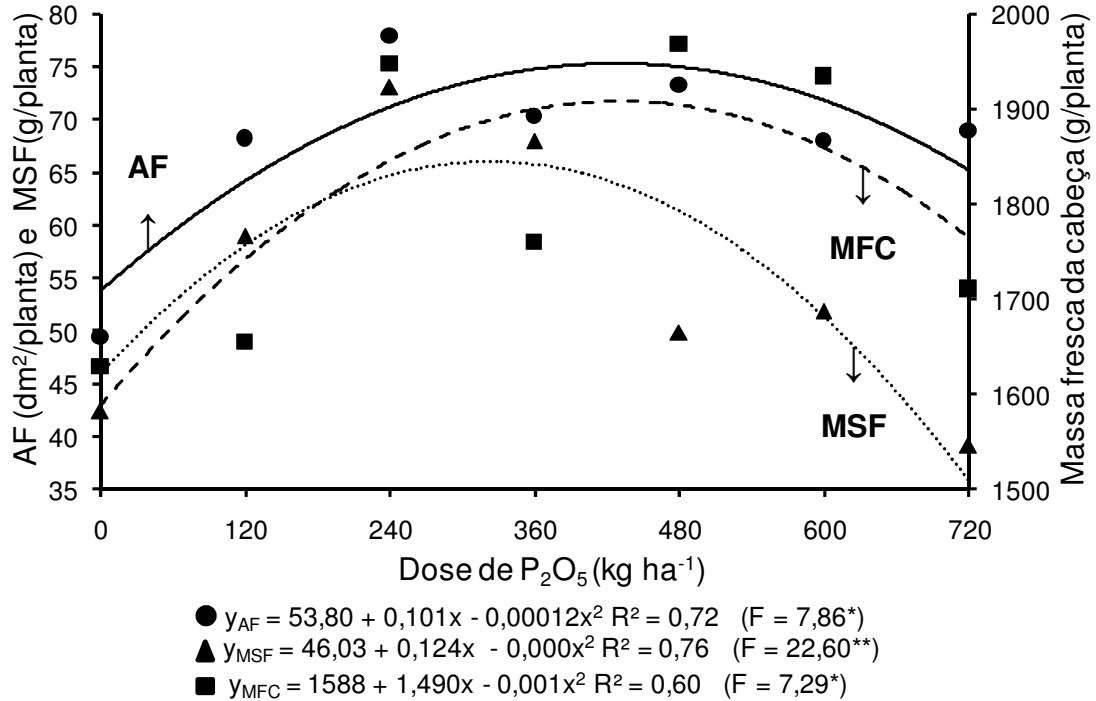


Figura 1. Área foliar (AF), massa seca de folhas (MSF) e massa fresca da cabeça (MFC) de repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo.

De acordo com RAIJ (1991), o fósforo em quantidades adequadas estimula o desenvolvimento radicular incrementando a produção. Segundo o mesmo autor esse elemento apresenta alta mobilidade na planta, transferindo-se rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristemas ativos, proporcionando maior atividade celular e, conseqüentemente, aumento da área foliar.

A massa seca do repolho 'Fuyutoyo' foi influenciada significativamente pelas doses de P (Tabela 3), e os dados ajustaram-se à equação polinomial segundo grau, pela qual se observa que houve aumento na massa seca de folhas com o incremento na dose de P até 310 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, quando foram obtidos 65,25 g/planta. A partir de então, aumentando-se o fornecimento de P tem-se redução na massa seca de folhas, sendo que com 720 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram obtidos cerca de 68,7 e 48,5% das massas



obtidas sem aplicação de P e com a dose necessária para maximizar a massa seca foliar (Figura 1).

A maior massa da cabeça de repolho, 1910 g foi obtida com  $430 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  (Figura 1). Essa dose é 115% maior do que a recomendada por TRANI et al. (1997),  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , quando há alto teor de P no solo, ou seja, acima de  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. No entanto, para obtenção de repolhos com 95% da máxima massa obtida, a dose de P necessária foi de  $197 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , confirmando a dose recomendada por TRANI et al. (1997).

A produtividade, diâmetro transversal, diâmetro longitudinal e comprimento do coração do repolho não foram influenciados significativamente pelas doses de P, enquanto o contrário foi observado para o teor de P na folha diagnóstica (Tabela 4).

Os teores de fósforo na folha diagnóstica foram influenciados significativamente pelas doses de P (Tabela 4), e ajustaram-se à equação segundo grau, com máximo teor ( $4,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) obtido com  $720 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 2).

Tabela 4. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características teor de P na folha diagnóstica (PF), produtividade (PROD), diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), comprimento do coração (CC) do repolho 'Fuyutoyo', em função das doses de fósforo.

$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	PF ( $\text{g kg}^{-1}$ )	PROD ( $\text{kg m}^{-2}$ )	DT (cm)	DL (cm)	CC (cm)
0	3,8	7,8	20,5	16,5	8,3
120	4,1	7,9	20,8	17,6	9,1
240	3,6	9,3	21,5	18,0	9,1
360	3,4	8,4	20,7	17,3	9,9
480	3,7	9,4	21,6	17,9	9,6
600	4,0	9,2	21,5	17,5	9,3
720	4,3	8,2	20,8	18,0	9,5
Tratamentos	3,9 *	3,0 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	2,5 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
Regr. 1º grau	2,5 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	5,4 *	1,1 <sup>ns</sup>
Regr. 2º grau	12,4 **	7,2 *	2,2 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
Regr. 3º grau	1,8 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	4,2 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	7,3	8,1	3,3	3,2	15,0

\* significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com a regressão polinomial, os teores de fósforo na folha diagnóstica do estado nutricional obtidos com as doses 0 ( $4 \text{ g kg}^{-1}$ ), 600 ( $4 \text{ g kg}^{-1}$ ) e 720  $\text{kg ha}^{-1}$  ( $4,3$

$\text{g kg}^{-1}$ ) encontram-se na faixa considerada adequada por TRANI & RAIJ (1997), que é de 4 a  $7 \text{ g kg}^{-1}$ . Mas, os teores foliares de fósforo entre 3,6 e  $3,8 \text{ g kg}^{-1}$ , obtidos com as doses de P entre 120 e  $480 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , encontram-se abaixo do adequado. No entanto, não foram observados sintomas de deficiência de fósforo. Os autores MALAVOLTA et al. (1997) e MARTINEZ et al. (1999), que também recomendam a avaliação do estado nutricional por meio da folha intermediária (recém-madura ou recém-desenvolvida), propõem faixas similares de teor adequado de P, sendo 3 e  $4,2 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

O ajuste polinomial observado para o teor de P na folha diagnóstica apresenta-se de modo inverso ao observado nos ajustes para área foliar e massa seca de folhas. Essa redução no teor foliar, praticamente coincidente com a faixa de maiores valores das características de crescimento, pode ser explicada pelo efeito de diluição.

Absolutamente, não pode ser compreendida como subnutrição da planta em P, além do que, o acúmulo de P total na planta foi semelhante em todos os tratamentos.

DECHASSA et al. (2003) testaram seis doses de fósforo (0, 12, 27, 73, 124 e 234 mg de P por kg de solo), em um solo que apresentava  $16 \text{ mg kg}^{-1}$  de P. Os autores também observaram que a concentração de P na matéria seca aumentou significativamente em função do acréscimo de P no solo. Também constataram que o repolho foi mais eficiente na absorção de fósforo do que cenoura e batata.

Apesar de não ter sido constatado efeito significativo das doses de P na característica produtividade, houve ajuste polinomial quadrático para produtividade às doses do nutriente (Figura 2).

A produtividade máxima foi de  $9,08 \text{ kg m}^{-2}$ , quando se aplicou  $430 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Com acréscimos de P, a produtividade diminuiu até  $720 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $8,40 \text{ kg m}^{-2}$ ) atingindo 7,5% menos do que a máxima produtividade (Figura 2).

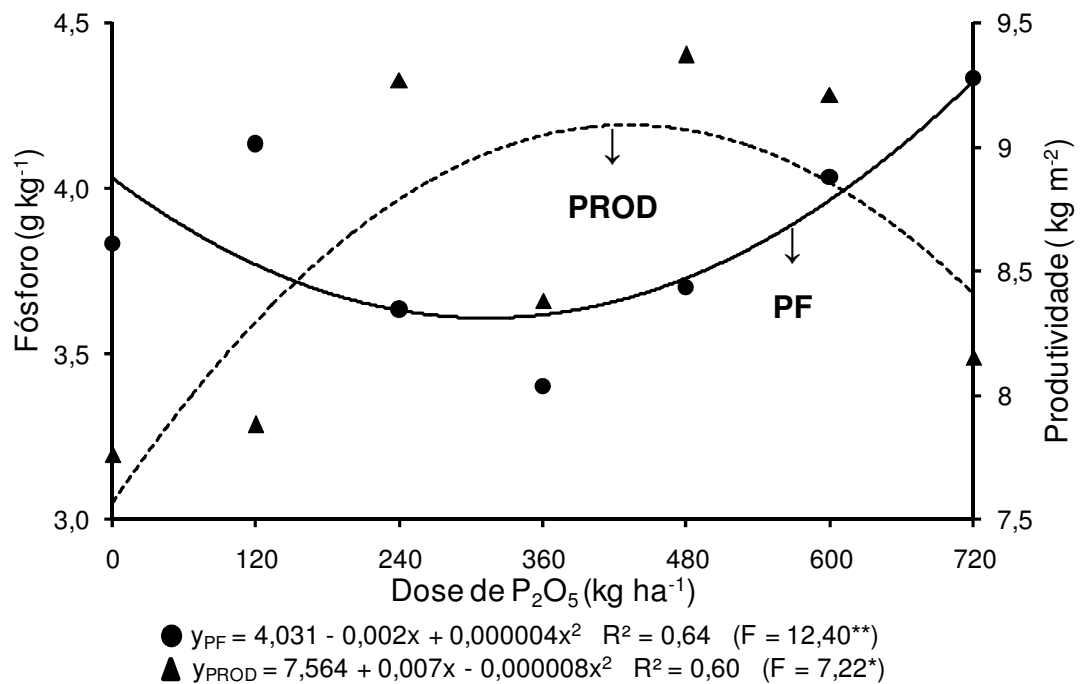


Figura 2. Teor de fósforo na folha diagnóstica (PF) e produtividade (PROD) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo.

De acordo com os resultados de crescimento e produção, verificou-se que, mesmo em Latossolo com teor muito alto de P (RAIJ et al., 1997),  $93 \text{ mg dm}^{-3}$ , a planta de repolho 'Fuyutoyo' respondeu à adubação fosfatada. DEENIK et al. (2006), em solo com teor de  $351 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, verificaram que a produção de repolho aumentou com a adição de fertilizante fosfatado ( $0, 50, 99, 198 \text{ kg ha}^{-1}$ ). O maior incremento foi verificado com a dose de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo, e maiores quantidades de fósforo resultaram em pequeno aumento de produção.

O acúmulo de fósforo na folha, a exportação de fósforo e o acúmulo total de fósforo na planta não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos, enquanto o contrário foi observado para o acúmulo de fósforo no caule (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características acúmulo de fósforo no caule (APC), acúmulo de fósforo na folha (APF), acúmulo de fósforo na cabeça - exportação (EP), acúmulo total de fósforo (ATP) na planta do repolho 'Fuyutoyo', e teor de P no solo (PS) após a colheita do repolho, em função das doses de fósforo.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	APC	APF (mg/planta)	EP	ATP	PS (mg dm <sup>-3</sup> )
0	14,4	143,3	311,0	468,6	144
120	21,2	148,0	373,7	542,9	156
240	27,6	154,8	375,2	557,6	168
360	46,1	182,6	450,5	682,6	165
480	36,1	169,4	389,3	594,8	211
600	37,5	183,2	339,0	559,7	222
720	39,9	177,3	370,3	587,5	232
Tratamentos	3,9 *	0,8 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	5,3 **
Regr. 1º grau	15,3 **	3,4 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,3 <sup>ns</sup>	29,1 **
Regr. 2º grau	4,0 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
Regr. 3º grau	0,0 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	30,9	20,2	25,4	21,2	14,3

\*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

O acúmulo de fósforo no caule ajustou-se à equação primeiro grau com incrementos proporcionais à medida que se aumentou o fornecimento do nutriente (Figura 3). Não houve ajuste significativo para acúmulos de P na folhas, cabeça e total (caule, folha e cabeça). Nesses casos, as quantidades acumuladas em cada dose de P encontram-se apresentadas na Tabela 5.

O fósforo foi acumulado em pequena quantidade pela planta inteira de repolho. A participação dos diferentes órgãos no acúmulo total seguiu a seguinte ordem: cabeça de repolho (exportação) contribuiu com 65% (372,71 mg/planta), seguida pelas folhas com aproximadamente 29% (165,51 mg/planta) e com o caule contribuindo com 6% (31,82 mg/planta).

O teor de fósforo no solo, após a colheita do repolho, foi influenciado significativamente pelas doses de fósforo (Tabela 5). Os teores de P no solo ajustaram-se à equação primeiro grau, verificando-se incrementos proporcionais à medida que maior foi a dose do nutriente. Os teores de fósforo variaram de 139 a 232 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 4). DEENIK et al. (2006), também verificaram que a adição de fertilizantes

fosfatados aumentou o teor de fósforo no solo acima do nível basal de  $351 \text{ mg dm}^{-3}$  (onde não foi aplicado fósforo) para  $530 \text{ mg dm}^{-3}$  de fósforo nas parcelas que receberam a maior dose de fósforo. DEENIK et al. (2006) afirmaram que em muitas plantações de hortaliças cultivadas intensivamente, com a aplicação de fertilizantes formulados completos, ao longo dos anos, tem havido aumento no teor de fósforo no solo.

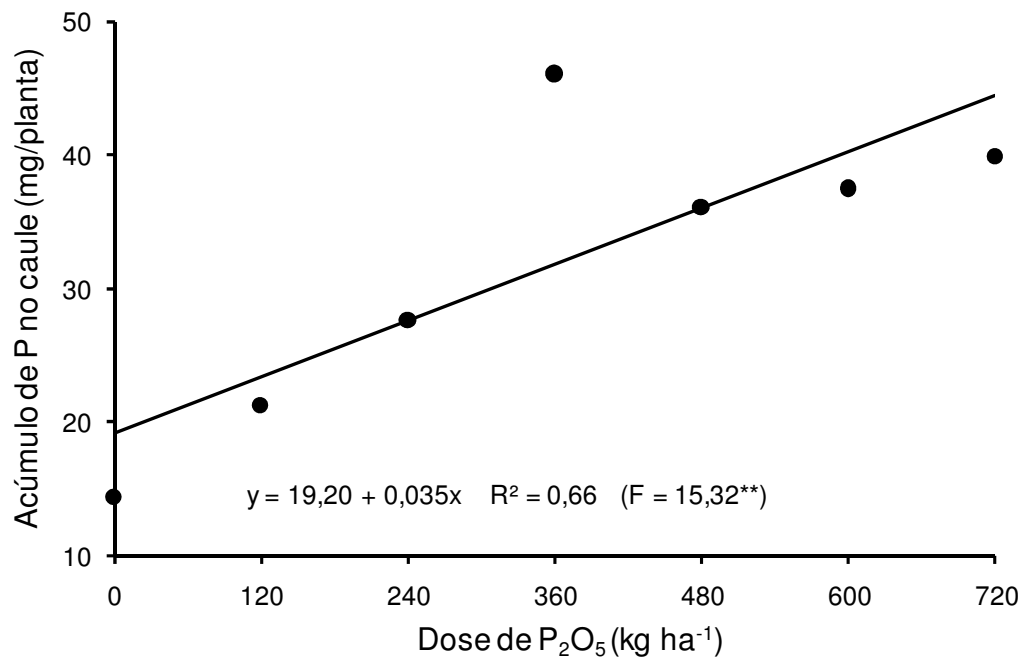


Figura 3. Acúmulo de fósforo no caule do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo.

O aumento na disponibilidade de P no solo em função de doses aplicadas de P não apresentou correlação do teor de P no solo com a área foliar ( $r = 0,40^{ns}$ ) e com a massa seca de folhas ( $r = -0,31^{ns}$ ). No entanto, há correlação do teor de P no solo com o teor de P foliar ( $r = 0,47^*$ ) e com a massa fresca de cabeça do repolho ( $r = 0,49^*$ ).

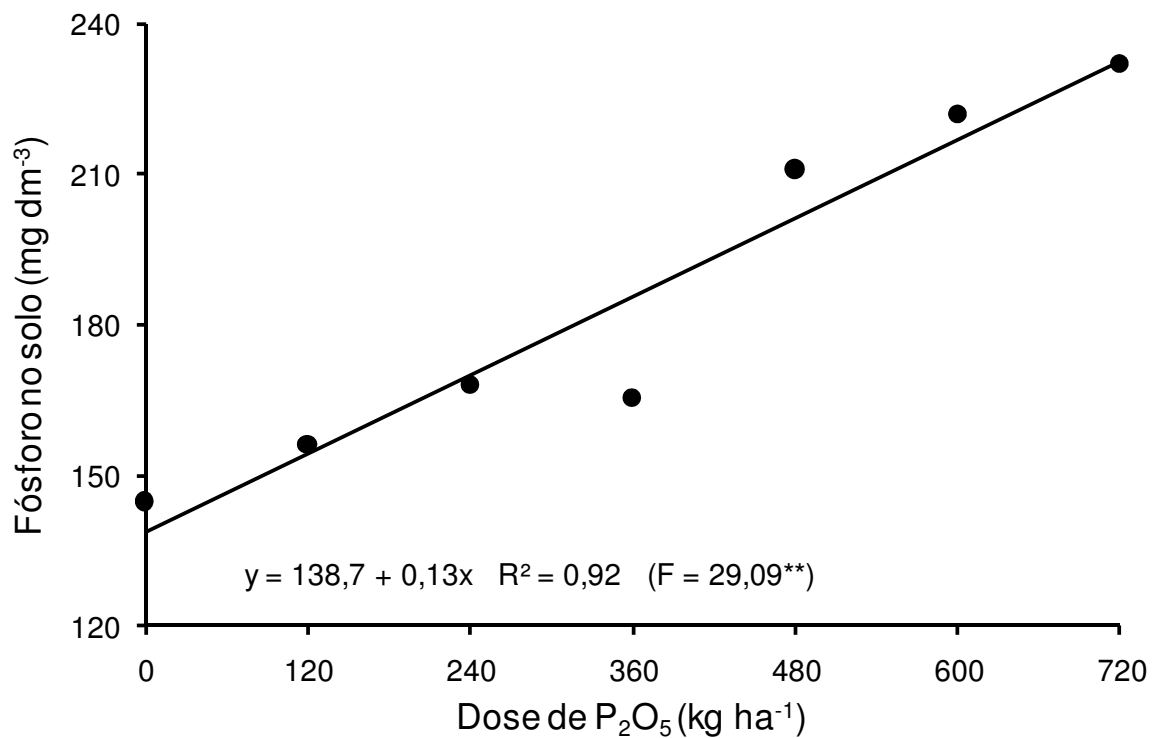


Figura 4. Teor de fósforo no solo após a colheita do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de fósforo.

Certamente, estes teores muito altos no solo conforme classificação de RAIJ et al. (1997), podem trazer consequências negativas ao meio ambiente, caso não sejam tomados os cuidados necessário com a conservação do solo evitando erosão e eutrofização de rios e lagos.

Diante da resposta positiva do repolho 'Fuyutoyo' à adubação com fósforo, os resultados sugerem que mesmo em solo com alto teor de P a aplicação de P proporciona aumento de produtividade.

#### 4.2 Experimento 2: doses de potássio

As doses de K influenciaram significativamente somente o teor de K na folha diagnóstica, enquanto a área foliar, a massa seca de folhas e o número de folhas não foram influenciadas (Tabela 6) e também não houve ajuste significativo da regressão

polinomial para todas estas características citadas anteriormente. A média do número de folhas, da área foliar, da massa seca de folhas e do teor de K na folha diagnóstica foram 9 folhas/planta; 62,25 dm<sup>2</sup>/planta; 42,39 g/planta e 41,43 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 6. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca de folha (MSF) e teor de K na folha diagnóstica (KF) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de potássio.

K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	NF (folhas/planta)	AF (dm <sup>2</sup> /planta)	MSF (g/planta)	KF (g kg <sup>-1</sup> )
0	9,0	68,8	50,5	38,5
60	8,7	54,5	43,4	40,7
120	9,0	61,9	36,4	43,5
180	7,3	52,8	34,6	40,1
240	8,3	74,4	50,3	47,3
300	10,0	64,9	38,0	38,1
360	9,3	58,5	43,6	41,8
Tratamentos	1,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>*</sup>
Regr. 1º grau	0,7 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>
Regr. 2º grau	2,6 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>
Regr. 3º grau	0,1 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
CV (%)	13,7	22,1	21,1	7,6

\* significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

O máximo e o mínimo teor de 47,27 e 38,13 foram obtidos nas doses de 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente, e encontram-se na faixa considerada adequada por TRANI & RAIJ (1997), que é de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup>, para o repolho.

MALAVOLTA et al. (1997) e MARTINEZ et al. (1999), que também recomendam a avaliação do estado nutricional por meio da folha intermediária (recém-madura ou recém-desenvolvida), propõem faixas similares de teor adequado de K, sendo 50 e 27 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Mesmo com alto teor de K no solo e adubado com até 360 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, o que contribuiu para teores altos dentro da faixa adequada, não foram observados sintomas visuais de deficiência de quaisquer outros nutrientes, nem mesmo de cálcio, que segundo MALAVOLTA et al. (1997), o potássio tem com o cálcio uma relação de inibição competitiva quando em alta concentração no meio.

Quando o solo apresenta elevado teor de potássio disponível, as plantas têm tendência de absorver o nutriente em quantidade excessiva, ou seja, além de suas necessidades, o que é definido como consumo de luxo. No entanto, isto não ocorreu, visto que os teores de K foliar situaram-se dentro da faixa considerada adequada por TRANI & RAIJ (1997).

A massa fresca da cabeça, produtividade, diâmetro transversal, diâmetro longitudinal e comprimento do coração do repolho não foram influenciados significativamente pelas doses de K (Tabela 7) e também não houve ajuste significativo da regressão polinomial para essas características.

Tabela 7. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características massa fresca (MFC), produtividade (PROD), diâmetro transversal (DT), diâmetro longitudinal (DL), comprimento do coração (CC) do repolho 'Fuyutoyo' em função das doses de potássio aplicadas no solo.

K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	MFC (g/planta)	PROD (kg m <sup>-2</sup> )	DT (cm)	DL (cm)	CC (cm)
0	1648,0	7,8	20,0	16,2	8,0
60	1463,4	6,9	20,1	16,0	8,7
120	1671,3	7,9	20,8	16,5	8,1
180	1647,5	7,8	20,7	16,1	8,1
240	1438,3	6,8	19,4	16,1	8,4
300	1607,3	7,6	20,2	16,0	7,3
360	1601,7	7,6	20,7	16,9	8,6
Tratamentos	0,8 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
Regr. 1 <sup>o</sup> grau	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	1,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
Regr. 2 <sup>o</sup> grau	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>
Regr. 3 <sup>o</sup> grau	0,1 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
CV (%)	11,1	11,1	3,9	3,3	14,7

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

A média da massa fresca da cabeça, produtividade, diâmetro transversal, diâmetro longitudinal e comprimento do coração do repolho foram 1582,54 g/planta; 7,53 kg m<sup>-2</sup>; 20,30 cm; 16,29 cm e 8,21 cm, respectivamente.

Os resultados obtidos nesse experimento com repolho indicam que não há vantagem em aplicar K quando o teor no solo é alto, neste caso, foi de 3,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O resultado difere do obtido por CUTCLIFFE (1984), pois verificou que a recomendação



de 56 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, para solos com teores de 50-100 mg dm<sup>-3</sup> de potássio, não são adequados para se obter a máxima produção e que a adição de 224 kg ha<sup>-1</sup> de potássio aumentou a produtividade média comercializável em 7%.

Os acúmulos de potássio na folha, na cabeça (exportação de potássio) e total de potássio na planta não foram influenciados significativamente pelos tratamentos, enquanto foi para acúmulo no caule (Tabela 8). Não houve ajuste significativo da regressão polinomial para todas essas características. Os acúmulos médios de potássio no caule, na folha, na cabeça e total foram 0,51; 2,23; 3,54 e 6,28 g/planta, respectivamente.

Tabela 8. Valores de F, significâncias, coeficientes de variação e médias das características acúmulo de potássio no caule (AKC), acúmulo de potássio na folha (AKF), acúmulo de potássio na cabeça – exportação (EK), acúmulo total de potássio (ATK) na planta do repolho ‘Fuyutoyo’, e teor de K no solo (KS) em função das doses de potássio.

K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	AKC	AKF	EK	ATK	KS
	g/planta			(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
0	0,5	2,1	2,9	5,6	2,0
60	0,5	2,5	2,9	5,9	2,7
120	0,5	2,6	4,3	7,5	3,1
180	0,3	1,5	3,5	5,4	3,2
240	0,4	2,2	2,9	5,6	4,1
300	0,7	2,8	4,3	7,9	4,0
360	0,4	1,7	3,7	5,9	4,1
Tratamentos	3,0 *	1,8 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>	8,9 **
Regr. 1 <sup>o</sup> grau	0,3 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	48,4 **
Regr. 2 <sup>o</sup> grau	0,8 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>
Regr. 3 <sup>o</sup> grau	0,7 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
CV (%)	23,4	28,4	27,3	20,5	13,8

\*\* significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

O teor de K no solo após o término do experimento foi influenciado significativamente pelas doses de potássio. Houve ajuste à equação primeiro grau com incrementos proporcionais à medida que se aumentou o fornecimento do nutriente (Figura 5). O incremento de K no solo pode ser explicado pela ausência de resposta das plantas de repolho à aplicação de potássio, pois a quantidade de K presente no

solo foi o suficiente para suprir a demanda das plantas. Assim, o que foi fornecido além do necessário continuou presente no solo.

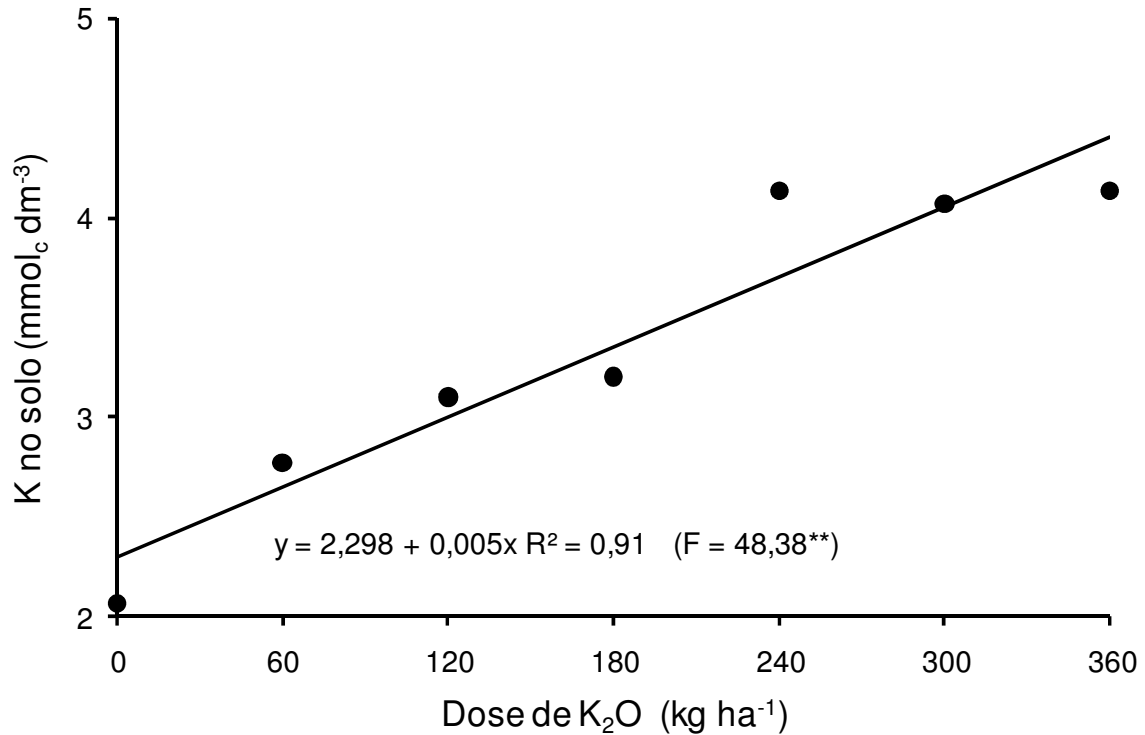


Figura 5. Teor de potássio no solo após o experimento do repolho, em função das doses de potássio.

O potássio foi acumulado em maior quantidade pela planta inteira de repolho, quando comparado com a quantidade de fósforo acumulado. A participação dos diferentes órgãos no acúmulo total seguiu a seguinte ordem: cabeça de repolho contribuiu com 56% (3,54 g/planta), seguida pelas folhas de repolho com 36% (2,23 g/planta) e com o caule contribuindo com 8% (0,52 g/planta).

Diante da ausência de resposta positiva do repolho verde à adubação potássica, os resultados sugerem que o solo com teor de 3,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K é capaz de suprir a demanda da planta de repolho 'Fuyutoyo' e, portanto, dispensando-se a adubação potássica. Contudo, devido a redução do teor de K no solo, de 3,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para 2,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (média obtida na dose 0 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), e que a maioria dos produtores

não fazem nova análise de solo para cultivo imediatamente sucessor ao repolho, deve-se ao menos, realizar uma adubação de manutenção para manter a fertilidade do solo. Nesta adubação de manutenção, a quantidade de K a ser aplicada ao solo pode ser correspondente à exportada pela cabeça de repolho. No presente experimento os 3,54 g/planta presentes na cabeça de repolho equivalem a exportação de 125 kg ha<sup>-1</sup> de K, ou 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

## 5 CONCLUSÕES

- Em Latossolo com teor alto de fósforo disponível, a fertilização fosfatada proporciona resposta positiva do crescimento e produção do repolho 'Fuyutoyo', e aumento no teor de P disponível no solo.
- Em Latossolo com teor alto de potássio disponível, a fertilização potássica não proporciona resposta positiva do crescimento e produção do repolho 'Fuyutoyo', mas aumenta o teor de K disponível no solo.

## 6 REFERÊNCIAS

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 48 p.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do instituto agronômico de campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 77 p.

CANTARELLA, H. Adubação com nitrogênio, potássio e enxofre. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico-FUNDAG, 1997. p. 22 - 27.

CASTELLANE, P. D.; FERREIRA, M. E.; MAEDA, A. H. Diagnose da fertilidade dos solos cultivados com olerícolas em Atibaia (SP). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 50, 1988. Resumo.

CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L. I.; TU, S.; SNYDER, C. S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Germany, v. 89, n. 2, p. 229-255, march 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10705-010-9390-4>> 21 mar 2012.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2<sup>ª</sup> ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensaio Agrícola, 1973. 384 p.

CUTCLIFFE, J. A. Effects of added limestone and potassium on yield and storage losses of cabbage. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 64, n. 1-4, p. 395-399, 1984.

DECHASSA, N.; SCHENK, M. K.; CLAASSEN, N.; STEINGROBE, B. Phosphorus efficiency of cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*), carrot (*Daucus carota* L.), and potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant and Soil**, v. 250, n. 2, p. 215–224, mar. 2003.

DEENIK, J.; HAMASAKI, R.; SHIMABUKU, R.; NAKAMOTO, S.; UCHIDA, R. Phosphorus fertilizer management for head cabbage. **Soil and Crop Management**, Manoa, n. 16, out. 2006.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421 p.

HOPKINS, B.; ELLSWORTH, J. Phosphorus availability with alkaline/calcareous soil. In: Western Nutrient Management Conference. v. 6. 2005. Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Plant Nutrition Institute, 2005. P 88-93. UT. Disponível em <[http://isnap.oregonstate.edu/WERA\\_103/2005\\_Proccedings/Hopkins%20Phosphorus%20pg88.pdf](http://isnap.oregonstate.edu/WERA_103/2005_Proccedings/Hopkins%20Phosphorus%20pg88.pdf)>. Acesso em: 08 ago 2011.

HOPKINS, B.; ELLSWORTH, J. **Phosphorus nutrition in potato production**. [In: Idaho Potato Conference]. jan, 2003. Disponível em:

<<http://www.cals.uidaho.edu/potatoes/Research&Extension/Topic/fertility/PhosphorusNutritionInPotatoProduction-03.pdf>>. Acesso em: 06 set 2011.

KHAN, R.; AHMED, S.; KHAN, S.; AHMED, F.; ZAMAN, M.; KHAN, B. A. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on the growth and yield of cabbage. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 1, n. 5, p. 548-549, 2002.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638 p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Academic, 1995, 889 p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999. p. 143-168.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. V. Análise e interpretação do potássio. In: YAMADA, T. L.; ROBERTS, T. L. Ed. Potássio na agricultura brasileira. SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2005. p. 93 - 113.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 408 p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p.1199-1204, 2001.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 665-693, 1999.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora Ceres, Potafos.. 1991. 344 p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC-FUNDAG, 1997. 285 p.

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

ROLIM, G. S.; CÁPITA, C. A. S.; SOUZA, V. S. N. C.; BESERRA, V. A.; SILVA, G. G. **Estação Agroclimatológica: Dados meteorológicos mensais do ano de 2009 em Jaboticabal**. Disponível em <[http://www.fcav.unesp.br/portal\\_agromet/mostra\\_arq\\_multi.php?arquivo=1](http://www.fcav.unesp.br/portal_agromet/mostra_arq_multi.php?arquivo=1)>. Acesso em: 02 set. 2011.

SAKATA. **Fuyutoyo**. Disponível em <<http://www.sakata.com.br/index.php?action=catalogo&cultura=4&produto=29&language=pt>>. Acesso em: 12 ago. 2011.

SHARPLEY, A. N.; DANIEL, T.; SIMS, T.; LEMUNYON, J.; STEVENS, R.; PARRY, R. **Agricultural Phosphorus and Eutrophication**. 2. Ed. rev. Washington DC: **Agricultural**



**Research Service**, sept 2003. 38 p. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/is/np/Phos&Eutro2/agphoseutro2ed.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2012.

TEMPLE-SMITH, M. G.; MENARY, R. C. Growth and phosphate absorption in lettuce and cabbage plants in dilute solution culture. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 4, p. 505-13, 1977.

TOMAZ, P. **Poluição difusa**: trincheira de infiltração, bacia de infiltração, pavimento permeável, poluição difusa, *first flush*, gestão ambiental, wetland, custos, canais gramados. São Paulo: Navegar, 2006. 446 p.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO, J. A.; TAVARES, M. Brócolos, couve-flor e repolho. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 175.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. V. Hortaliças. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 157-164.

WANG, Z.; LI, S. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables. **Journal of Plant Nutrition**. v. 27, n. 3, p. 539-556, 2004.

ZHANG, W.; ZHANG, X. A forecast analyses on fertilizer consumption worldwide. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 133, n. 1-3, p. 427-434, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10661-006-9597-7>>. Acesso em: 25 fev 2012.