

CAMILA BORGES ANTONIO TUFIK

**EFEITO DE DOSES DE POTÁSSIO SOBRE ÍNDICES DE
AVALIAÇÃO DO ESTADO DE NITROGÊNIO E
PRODUTIVIDADE DE BATATA-SEMENTE BÁSICA EM
SUBSTRATO ORGÂNICO E HIDROPONIA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

T914e
2013

Tufik, Camila Borges Antonio, 1988-

Efeito de doses de potássio sobre índices de avaliação do estado de nitrogênio e produtividade de batata-semente básica em substrato orgânico e hidroponia / Camila Borges Antonio Tufik. – Viçosa, MG, 2013.

xii, 87f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.56-64.

1. Solanum tuberosum L.. 2. Batata. 3. Estufas para cultivo. 4. Hidroponia. 5. Batata - Rendimento. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.21

CAMILA BORGES ANTONIO TUFIK

**EFEITO DE DOSES DE POTÁSSIO SOBRE ÍNDICES DE
AVALIAÇÃO DO ESTADO DE NITROGÊNIO E
PRODUTIVIDADE DE BATATA-SEMENTE BÁSICA EM
SUBSTRATO ORGÂNICO E HIDROPONIA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de agosto de 2013.



Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)



Marialva Alvarenga Moreira
(Coorientador)



Renildes Lúcio Ferreira Fontes



Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

“Confie no Senhor de todo seu coração e não se apóie em seu próprio entendimento; Reconheça o Senhor em todos os seus caminhos, e ele orientará as suas veredas.” (Provérbios 3:5-6)

Aos meus pais

Ruth Borges Antonio e Luiz Eduardo Tufik Rangel, por todo esforço que fizeram pela minha formação, pelo apoio, confiança, amor e carinho.

Aos meus avós

José Antonio (vovô Zezinho), Cleto Rangel e Chanhmer Tufik pelo amor e incentivo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, saúde, paz, proteção e por ter me dado condições de concluir o curso.

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes pela amizade, compreensão, paciência, carinho e por ter contribuído tanto para o meu amadurecimento profissional.

Ao meu amigo, companheiro e namorado André Malacarne Milanez pelo carinho, apoio, compreensão, ajuda nos momentos difíceis e por ser tão especial comigo.

À minha amiga e coorientadora Marialva Alvarenga Moreira por toda ajuda prestada desde a execução dos experimentos, à finalização da dissertação. Agradeço por todo carinho, ensinamentos, esclarecimentos, sugestões, disponibilidade e paciência. Sou extremamente grata.

Ao professor Paulo Roberto Cecon pelo auxílio na área da estatística e por esta sempre disponível a ajudar.

À minha mãe (Ruth), meu pai (Luiz Eduardo) e aos meus irmãos Magno e Guilherme pelo amor, carinho, incentivo e compreensão.

Aos meus familiares pelo amor e carinho.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

Aos meus amigos Marialva, Fernanda, Carla, Laércio, Murilo, Laura, Jaime, Junia e Walas pelo auxílio na execução dos experimentos. A contribuição de cada um de vocês foi enriquecedora. Sou grata pelo apoio, companheirismo e disponibilidade de vocês. Sou grata também pelos momentos de risadas, descontração, festas, almoços e pela família que vocês foram para mim. Vocês são presentes que a UFV me deu.

À Fernanda Lima por disponibilizar todas as suas tardes de sábado para me ajudar com a Fertilidade do Solo no período em que eu cursava esta disciplina.

Às minha amigas, Karina, Elaine, July, Iza Maria e Anália. Vocês são muito especiais para mim.

Aos funcionários do laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Itamar e Domingos pelo auxílio com as análises, atenção e carinho.

À minha amiga Júlia Melo pelo companheirismo, carinho e comidas gostosas. Muito obrigada por tantos momentos bons e pela sua amizade.

À todas com que eu dividi república em Viçosa: Júlia, Carol, Érika, Ariany, Anielly, Jô, Suellen, Michele, Keyla, Malú e Milena. Muito obrigada pelo incentivo.

A todos que sempre me apoiaram.

Obrigada.

BIOGRAFIA

CAMILA BORGES ANTONIO TUFIK, filha de Luiz Eduardo Tufik Rangel e Ruth Borges Antonio, nasceu em 22 de março de 1988, em Vitória – ES.

No ano de 2006 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Centro de Ciências Agrárias (CCA) localizado município de Alegre, concluindo em julho de 2011.

Em agosto de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa – MG, na área de Nutrição Mineral e Adubação de Plantas, defendendo a dissertação em agosto de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO Efeito de doses de potássio sobre índices de avaliação do estado de nitrogênio e produtividade de batata-semente básica em substrato orgânico	4
1 – INTRODUÇÃO	4
2 – MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1. Localização da área experimental	7
2.2. Material de propagação	7
2.3. Tratamentos e delineamento	8
2.4. Instalação e condução do experimento	8
2.5. Avaliações aos 21 dias após a emergência da batateira (21 DAE) .	9
A. Índices na quarta folha (folha referência).....	9
1. Índice SPAD	10
2. Índices de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio.....	10
3. Número de folíolos.....	10
4. Área foliar	10
5. Teor de N-NO ₃ na seiva do pecíolo	10
6. Massas da matéria fresca e seca	11
7. Teor e conteúdo de nitrogênio	11
B. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre na quarta folha	11
C. Caracterização do crescimento inicial da planta.....	11
1. Comprimento da haste principal, números de hastes e folhas ..	11
2. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes frescas e secas	12
D. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes.....	12
2.6. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)	12
1. Número e massa da matéria de tubérculos frescos e secos	12
2. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas.....	13
3. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos.....	13
2.7. Análise estatística	14
2.8. Estabelecimentos do valor ótimo de cada variável	14
3 – RESULTADOS	14
3.1. Avaliações aos 21 dias após a emergência da batateira (21 DAE)	14

A. Índices na quarta folha (folha referência).....	14
B. Caracterização do crescimento da batateira.....	14
C. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes.....	16
D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes	16
3.2. Avaliações na colheita (planta totalmente seca).....	18
A. Número e massa da matéria de tubérculos frescos e secos	18
B. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas.....	19
C. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos	21
D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos	21
CAPÍTULO II Efeito de doses de potássio sobre índices de avaliação do estado de nitrogênio e produtividade de batata-semente básica em hidroponia.....	24
1 – INTRODUÇÃO	24
2 – MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1. Localização da área experimental	27
2.2. Material de propagação	28
2.3. Tratamentos e delineamento	28
2.4. Instalação e condução do experimento	28
2.5. Preparo da solução nutritiva	29
2.6. Manutenção e troca da solução nutritiva	30
2.7. Avaliações aos 21 dias após emergência da batateira (DAE)	31
A. Índices na quarta folha (folha referência).....	31
1. Índice SPAD	31
2. Índices de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio.....	31
3. Número de folíolos, comprimento e largura	31
4. Área foliar	31
5. Teor de N-NO ₃ na seiva do pecíolo	31
6. Massa da matéria fresca e seca	31
7. Teor e conteúdo de nitrogênio	31
8. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre	31
B. Caracterização do crescimento inicial da planta.....	31
1. Comprimento da haste principal, números de hastes e folhas ..	31
2. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes frescas e secas	31
C. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes.....	32

2.8. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)	32
1. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas.....	32
2. Número e massa da matéria de tubérculos frescos e secos	32
3. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos.....	32
2.9. Análise estatística	32
2.10. Estabelecimentos do valor ótimo de cada variável	32
3 – RESULTADOS	32
3.1. Avaliações aos 21 dias após a emergência da batateira (DAE)	32
A. Índices na quarta folha (folha referência).....	32
B. Caracterização do crescimento da batateira.....	33
C. Teor de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes	35
D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes	36
3.2. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)	37
A. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas.....	37
B. Número, massa da matéria de tubérculos frescos e secos	37
C. Teor de potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos	40
D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes, tubérculos e planta inteira	41
DISCUSSÃO.....	42
CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APÊNDICE A	65
APÊNDICE B	76

RESUMO

TUFIK, Camila Borges Antonio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2013. **Efeito de doses de potássio sobre índices de avaliação do estado de nitrogênio e produtividade de batata-semente básica em substrato orgânico e hidroponia.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Marialva Alvarenga Moreira.

O objetivo do trabalho foi caracterizar o efeito de doses de potássio (K) sobre índices de diagnóstico do estado de nitrogênio (N) de plantas de batata em dois sistemas de produção: vasos contendo substrato orgânico e sistema hidropônico de três fases. Adicionalmente, objetivou-se determinar o teor crítico de K na matéria seca da folha de referência (quarta folha) e quantificar a dose ótima de K para a produção de minitubérculos de batata semente-básica nos dois sistemas de produção. Os sistemas constituíram do plantio de minitubérculos da cultivar Ágata, categoria básica G0 e tipo VI, em vasos contendo 3 dm³ do substrato orgânico BioPlant[®], série Prata e do plantio de minitubérculos em vasos com capacidade para 8,5L contendo areia lavada sobre uma camada de 5 - 7 cm de argila expandida, em sistema hidropônico. Cada sistema foi um experimento. Os tratamentos em vaso contendo substrato orgânico foram constituídos por 5 doses de KCl (0; 660; 1320; 1980 e 2640 mg dm⁻³) e no sistema hidropônico os tratamentos foram 5 doses de K (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 mmol L⁻¹). No sistema onde foi utilizado o substrato orgânico, 20% das doses de N e K foram aplicadas em pré-plantio e os 80% restante foram divididas em 15 partes iguais e aplicadas diariamente, via água de irrigação a partir da emergência das plantas. No sistema hidropônico, a solução nutritiva contendo os tratamentos e os demais nutrientes foi fornecida diariamente desde a emergência das plantas e as fontes utilizadas foram KCl e KNO₃. Os dois experimentos foram instalados em casa de vegetação. No experimento em substrato orgânico, nas determinações efetuadas na quarta folha, aos 21 dias após a emergência (DAE), a dose de K influenciou o índice de balanço de nitrogênio (NBI), número de folíolos (NFo), área foliar (AF), massas das matérias fresca (MF) e seca (MS). No experimento em sistema hidropônico, os índices na quarta folha influenciados por dose de K foram: SPAD, clorofila (CHL), NBI,

NFo, comprimento (C), largura (L), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS) e o teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo. Em ambos os experimentos, na determinação efetuada na quarta folha, aos 21 DAE, a dose de K não influenciou o teor de N na matéria seca. Nesta data, o teor ótimo de K na matéria seca da quarta folha foi 6,62 e 6,17 dag kg⁻¹ para os sistemas em vasos com substrato orgânico e hidropônico, respectivamente. Em ambos os experimentos, houve efeito de dose de K sobre o número e massa da matéria de tubérculos frescos. No experimento em vaso contendo substrato orgânico, o valor máximo do número de tubérculos foi 15,95 e da massa de tubérculos frescos por planta foi 301,9 g, obtidos com a dose 0 mg dm⁻³ de KCl. No sistema hidropônico, a máxima produtividade por planta foi 48,41 tubérculos obtida com 6,15 mmol L⁻¹ de K e a máxima massa da matéria fresca de tubérculos foi 646,6 g/planta, obtida com 6,13 mmol L⁻¹ de K.

ABSTRACT

TUFIK, Camila Borges Antonio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August of 2013. **Effect of potassium doses on indices of assessing the state of nitrogen and yield of basic seed-potato in organic substrate and hydroponics.** Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon and Marialva Alvarenga Moreira.

The purpose of this study was to characterize the effect of potassium doses (K) on diagnosis indices of the nitrogen state (N) of potato plants in two production systems: pots containing organic substrate and hydroponic system of three phases. Furthermore, this study aimed to determine the critical content of K in the dry matter of the reference leaf (fourth leaf) and quantify the optimal dose of K for the production of minitubercles of the basic seed in both production systems. The systems consisted of planting minitubercles from Ágata cultivar, basic category G0 and type VI in pots containing 3 dm³ of organic substrate BioPlant[®] Silver serie and minitubercle planting in pots with a capacity of 8.5 L containing washed sand over a layer of 5-7 cm of expanded clay, in hydroponic system. Each system was an experiment. The treatments in pot containing organic substrate consisted of 5 doses of KCl (0; 660; 1320; 1980 and 2640 mg dm⁻³) and in the hydroponic system the treatments were 5 doses of K (0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0 mmol L⁻¹). In the system where the organic substrate was used, 20% of N and K doses were applied in the pre-planting and the remaining 80% were divided in 15 equal parts and applied daily, by way of irrigation water from the emergency of plants. In the hydroponic system, the nutrient solution containing the treatments and other nutrients were provided daily since the emergence of plants and the sources utilized were KCl and KNO₃. Both experiments were installed in a greenhouse. In the experiment in organic substrate, the determinations made in the fourth leaf at 21 days after the emergence (DAE), the dose of K influenced the nitrogen balance index (NBI), number of leaflets (NL), leaf area (LA), masses of fresh matter (FW) and dry matter (DM). In the experiment in hydroponic system, the indices in the fourth leaf influenced by dose of K were: SPAD, chlorophyll (CHL), NBI, NL, length (L), width (W),

fresh mass (FW) and dry matter (DM) and N-NO₃ content in petiole sap. In both experiments, at the determination performed in the fourth leaf at 21 DAE, the dose of K did not influence the N content in the dry matter. On this date, the optimal K content in the dry matter of the fourth leaf was 6.62 and 6.17 dag kg⁻¹ for systems in pots with organic and hydroponic substrate, respectively. In both experiments, there was a dose effect of K on the number and mass of the matter of fresh tubercles. In the experiment in pot containing organic substrate, the maximum value of tubercles number was 15.95 and the mass of fresh tubercles per plant was 301.9 g, obtained with the dose 0 mg dm⁻³ KCl. In the hydroponic systems, the maximum yield per plant was 48.41 tubercles obtained with 6.15 mmol L⁻¹ of K and maximum mass of fresh matter was 646.6 g/plant, obtained with 6.13 mmol L⁻¹ of K.

INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a quarta cultura alimentar mais importante no mundo depois do arroz, trigo e milho (FAOSTAT, 2012). No Brasil, destaca-se entre as olerícolas, sendo cultivada em aproximadamente 130 mil ha, com uma produção anual de tubérculos superior a três e meio milhões de toneladas (Agrianual, 2013).

Em 2011, as regiões sul e sudeste do país foram responsáveis por 79% da produção nacional de batata, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor (31,6%), seguido por Paraná (19,6%), São Paulo (17,8%) e Rio Grande do Sul (10%) (IBGE, 2012). A maior parte dos tubérculos de batata produzidos no Brasil são voltados para o consumo “*in natura*” e a cultivar mais utilizada é a européia Ágata.

A produção de tubérculos de batata é dependente de diversos fatores, dentre os quais o fornecimento de adequadas doses de K (Fontes et al., 1996; El Sirafy et al., 2008) e nitrogênio (N) (Gil et al., 2002; Rodrigues et al., 2005; Silva et al., 2009; Coelho et al., 2010). O K é essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas sendo o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura (Reis Júnior & Monnerat, 2001; Nunes et al., 2006). A nutrição potássica está relacionada à osmoregulação das células guardas, alocação de açúcar, síntese de vários compostos (Mengel, 2007) e assimilação de N (Helal & Mengel, 1979). É relatado que a concentração do K no citosol pode variar em até 400 % dependendo do suprimento de K e da forma de N aplicada, demonstrando a interação entre ambos na planta (Szczerba et al., 2006).

O N é o segundo nutriente absorvido em maior quantidade pela batateira. A dose de fertilizante nitrogenado para esta cultura tem sido prescrita de forma empírica podendo ser baseada na associação da eficiência do uso do N, expectativa da produtividade, teor de matéria orgânica e cultura antecessora. Entretanto, há limitações a essa associação. Isto devido às incertezas quanto à futura condição climática local que interagirá com o genótipo, ambiente, solo e manejo da cultura e determinará

a real e momentânea disponibilidade de N no solo e a produtividade esperada (Fontes, 2011).

Recentemente, estudos visam o manejo do N nas culturas utilizando-se a tecnologia baseada na necessidade de N da planta. Para isto é necessário avaliar o estado de N da planta (AENP), o que é feito tendo como referência o valor de determinado índice (Fontes, 2011). Há vários métodos diretos ou indiretos para obtenção dos índices possíveis de serem utilizados na AENP. Goffart et al. (2008) revisaram criticamente alguns importantes métodos para AENP da batata em termos de exatidão, precisão, sensibilidade e factibilidade. O método mais comumente difundido é a análise química do teor de N na matéria seca de determinada folha, em batata a quarta folha a partir do ápice (Fontes, 2011).

Estudos publicados sobre a AENP têm utilizado a análise da intensidade do verde ou do teor de clorofila de folha medida por medidor portátil ou clorofilômetro (Yadava, 1986; Gil et al., 2002; Fontes & Araújo, 2006; Samborski et al., 2009; Coelho et al., 2012). Adicionalmente, características morfo-fisiológicas da planta, determinados com facilidade e de forma não destrutiva, como número de folhas e altura de plantas têm sido sugeridos como teste indireto para AENP em alternativa ou em complementaridade à análise do verde da folha (Fontes, 2001; Ronchi et al., 2001; Coelho & Fontes, 2005; Moreira et al., 2011, 2011a).

Qualquer índice de AENP necessita ser interpretado utilizando-se um determinado valor considerado referencial ou ótimo (Barker & Pilbeam, 2007). O índice de avaliação é calibrado para ser usado no momento em que seja tecnicamente desejável e possível aplicar o adubo em cobertura na cultura da batata. No campo, tal prática é possível até a realização da amontoa, em torno de 20 dias após a emergência (Fontes, 2005). Porém, vários fatores podem interferir no valor ótimo de determinado índice medido na folha (Fontes 2001; Andriolo et Al., 2006). Dentre esses, acredita-se estar o K.

Pelo K possibilitar a absorção e assimilação do N, hipotetiza-se que o estado de K da planta influencie o valor de índices usados para avaliar o estado de N e que há uma dose ótima de K para adequada produtividade de minitubérculos de batata em substrato orgânico e em sistema hidropônico.

O objetivo do trabalho foi caracterizar o efeito de doses de K sobre índices de diagnóstico do estado de N de plantas de batata em dois sistemas de produção: vasos contendo substrato orgânico e sistema hidropônico de três fases. Adicionalmente, objetivou-se determinar o teor crítico de K na matéria seca da folha de referência (quarta folha) e quantificar a dose ótima de K para a produção de minitubérculos de batata-mente básica nos dois sistemas de produção. Para isso, foram realizados dois experimentos independentes, apresentados em dois capítulos.

CAPÍTULO I

Efeito de doses de potássio sobre índices de avaliação do estado de nitrogênio e produtividade de batata-semente básica em substrato orgânico

1 – INTRODUÇÃO

Para obter alta produtividade na produção de batata (*Solanum tuberosum* L.) é importante a utilização de material de propagação de qualidade. Comercialmente, a propagação desta espécie é feita assexuadamente por “tubérculo-semente” ou “batata-semente”. Segundo Normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o tubérculo-semente é classificado em semente genética, básica, certificada, S1 e S2. Na referida Instrução é mencionado que a batata-semente deverá ser produzida nas categorias genética, básica e certificada sendo que na categoria básica há G0, G1, G2 e G3 de acordo com padrões decrescentes de sanidade.

No cultivo comercial da batata para consumo, a batata-semente certificada é um dos itens que mais onera o custo total de produção. Atualmente, o custo com este insumo representa de 15 a 20% para as principais regiões produtoras do país (CEPEA, 2011). Parte da batata-semente básica e certificada utilizada no Brasil é importada de outros países, como Holanda, Canadá, Argentina e Alemanha. A semente básica que não é importada é produzida inicialmente via cultura de tecidos, em laboratório especializado, muitas vezes, não acessível a todos os produtores de batata-semente do país (Souza, 2009).

Diante disto, os produtores de batata-semente, adequadamente legalizados, podem multiplicar o material de categoria básica em ambiente protegido obtendo as categorias G1, G2 e G3. Para tal, há várias técnicas de cultivo, entre as quais o plantio em recipientes preenchidos com substrato orgânico. A utilização deste sistema de produção reduz a demanda por importações, pois há aumento na taxa de multiplicação de tubérculos importados. No Brasil, recentemente, produtores de batata-semente passaram

a ter um substrato orgânico comercializado com a finalidade de multiplicação de tubérculos em ambiente protegido (Bioplant, 2013).

O substrato tem o papel fundamental de fornecer adequadas condições químicas, físicas e biológicas para o crescimento das plantas, oferecendo condições de transformar seu potencial genético em produtividade (Kämpf , 2000). Os substratos podem ser formados por diferentes matérias-primas de origem mineral, orgânica ou sintética, de diversos materiais em mistura ou de um só material. No Brasil, pela maior disponibilidade ou mesmo por tradição, os substratos que predominam são os de origem orgânica (Bataglia & Furlani, 2004).

A produção de substratos orgânicos que têm como principais componentes resíduos do processamento do pinus (cascas, lascas, pontas, serragem, partes danificadas e nós) em mistura com as turfas, vermiculita e fibra de coco, tem sido a mais expressiva nos últimos anos. Esta diversidade de materiais fornece diferentes características físicas e químicas que irão influenciar na capacidade de retenção de água, densidade, disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a recomendação, monitoramento e manejo da adubação (Abreu et al., 2002).

A produção de batata-semente em vasos contendo substrato orgânico permite melhores condições fitossanitárias, melhor utilização da água e nutrientes e aumento na produtividade (Grigoriadou & Leventakis, 1999). Estudos envolvendo diversos aspectos do cultivo de batata-semente em substrato orgânico têm sido relatados por vários autores (Nogales et al., 2002; Paula et al., 2004; Correa et al., 2004; Giusto et al., 2004; Favoretto, 2005; Moreira, 2008; Mobini et al., 2009; Fontes et al., 2008; Souza et al., 2012).

Em condições de campo, a batateira é uma hortaliça exigente em nutrientes, principalmente em K, que é o nutriente absorvido em maior quantidade (Reis Júnior & Monnerat, 2001; Nunes et al., 2006). A nutrição potássica está relacionada à osmoregulação das células guardas, alocação de açúcar, síntese de vários compostos (Mengel, 2007) e assimilação de nitrogênio (Helal & Mengel, 1979). O acúmulo de carboidratos nas folhas e o declínio na fotossíntese são indicativos de deficiência de K (Cakmak et al., 1994; 1994a; Epstein & Bloom, 2005).

Há carência de estudos de calibração com vistas a estabelecer critérios de interpretação do teor de K em substratos orgânicos com o propósito de auxiliar a decisão sobre a dose de K a aplicar no cultivo da batata em vaso. Há laboratórios no Brasil, que analisam o substrato orgânico de modo similar à análise de solo, o que é pouco apropriado devido à presença de materiais inertes e turfa (Abreu et al., 2002) além da heterogênea composição de cada substrato. Ademais, no caso da batata, a dose ótima de K a adicionar pode variar de acordo com o material propagativo utilizado (Moreira, 2008).

Na indefinição sobre a dose de K a ser aplicada ao substrato orgânico, acredita-se que no cultivo de batata em vaso, mesmo que o substrato orgânico receba a adição de nutrientes pelo fabricante, a maioria dos produtores deva fazer aplicação de potássio. A necessidade desta adição será testada neste trabalho.

Quanto ao N, segundo nutriente absorvido em maior quantidade pela batateira, mesmo em condição de campo, não há análise de solo recomendada como critério de orientação para a dose a ser aplicada. Recentemente, estudos vêm sendo direcionados visando utilizar a tecnologia baseada na necessidade de N da planta. Para isso é necessário avaliar ou monitorar o estado de N da planta, o que é feito tendo como referência o valor de um determinado índice (Fontes, 2011), normalmente determinado na folha. Na cultura da batata no campo é possível usar índices determinados na folha de referência imediatamente antes da amontoa, apropriadamente calibrados.

Contudo, vários fatores podem interferir no valor calibrado destes índices, dentre os quais acredita-se estar o estado da planta em K. Tal hipótese não foi ainda testada apesar da conhecida interação existente entre K e N na planta de milho, por exemplo (Muzilli & Usherwood, 1982). Essa interação obedece à Lei do Mínimo, pois quando o N é aplicado em quantidade suficiente para haver elevação da produção, essa passa a ser limitada por baixo teor de K (Bull, 1993). Adicionalmente é relatado que a concentração do K no citosol pode variar em até 400 % dependendo do suprimento de K e da forma de N aplicada demonstrando a interação entre ambos na planta (Szczerba et al., 2006).

Os objetivos deste trabalho em substrato orgânico foram:

1 - Determinar o efeito de doses de K sobre:

a) o valor de índices de avaliação do estado de N das plantas determinados aos 21 DAE, na quarta folha (SPAD, Dualex, número de folíolos, área, massas da matéria fresca e seca, teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo e teor e conteúdo de N na matéria seca);

b) características de crescimento inicial da planta (comprimento da haste principal, número de hastes e número de folhas);

c) produção de massa da matéria seca pelos órgãos da planta e pela planta inteira;

d) produtividade de tubérculos (número e massa da matéria de tubérculo frescos).

2 - Caracterizar o estado nutricional inicial de K, P, Ca, Mg e S das plantas e o acúmulo dos mesmos em órgãos e na planta inteira no final do ciclo.

3 - Estabelecer a dose ótima de K para a produção de minitubérculos de batata-semente básica.

4 - Determinar o valor crítico de K na massa da matéria da folha de referência seca.

5 - Caracterizar os sintomas de deficiência e de excesso de K nas plantas.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa - MG.

2.2. Material de propagação

O material de propagação utilizado foi minitubérculo da cultivar Ágata, categoria básica G0, tipo VI (13 – 16 mm de diâmetro transversal, IMA, 2003) brotados naturalmente, com brotos de aproximadamente 0,5 cm de comprimento.

2.3. Tratamentos e delineamento

Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de KCl (0; 660; 1320; 1980 e 2640 mg dm⁻³), sendo que 20% de cada dose foi aplicado em pré-plantio. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com uma planta. A fonte de K foi o cloreto de potássio (KCl) e as doses de K foram determinadas em função do trabalho de Moreira (2008).

2.4. Instalação e condução do experimento

O substrato comercial utilizado foi da série Prata da Bioplant®. Segundo o fabricante, o substrato é formado por casca de Pinus, agregantes, vermiculita, fibra de coco e agentes minerais (macro e micronutrientes). A capacidade de retenção de água do material é 150 % e a densidade 480. No extrato 1:2, o pH do substrato é 5,4; a condutividade elétrica é 1,9 dS m⁻¹ e o nitrogênio total é 1,0 dag kg⁻¹. Os teores de K, P, Ca e Mg determinados em amostra do substrato estão na Tabela 1.

Para todos os tratamentos, o substrato comercial foi adubado em pré-plantio em mistura homogênea com 46,2 de nitrato de amônio (20% da dose); 132, 264, 396 e 528 de cloreto de potássio (20% da dose) para os tratamentos com as doses 660, 1320, 1980 e 2640, respectivamente; 3300 de superfosfato simples; 3600 de sulfato de magnésio; 2,5 de sulfato manganoso; 0,25 de molibdato de amônio; 2,5 de ácido bórico; 2,5 de sulfato de cobre; 2,5 de sulfato de zinco e 2,5 sulfato ferroso, todos expressos em mg dm⁻³. Em todos os tratamentos, os 80% restante da dose de N (184,8 mg dm⁻³), como nitrato de amônio (NH₄NO₃) e de K (528, 1056, 1584 e 2112 mg dm⁻³), como cloreto de potássio (KCl), foram divididos em 15 partes iguais e aplicados diariamente via água de irrigação a partir da emergência da batateira. Antes de preencher os vasos com os substratos adubados, colocou-se no fundo de cada vaso pedras do tipo brita.

Tabela 1 - Teores de macronutrientes em amostra do substrato comercial utilizado no experimento

K	P	Ca	Mg
-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----	
1240	87,7	9,7	5,6

K e P – Extrator Mehlich 1

Ca e Mg – Extrator KCl 1 mol L⁻¹

O plantio dos minitubérculos ocorreu em 09/08/2012 em vasos de polietileno contendo 3 dm³ de substrato comercial. Antes do plantio, aplicou-se 10 g do inseticida Furadan[®] em torno de três centímetros de profundidade. A emergência da batateira ocorreu entre sete e nove dias após o plantio.

Aos 21 dias após a emergência (DAE) foi realizada a amontoa adicionando-se substrato a parte superior do vaso.

O experimento foi conduzido em bancada com aproximadamente 1,2 m de altura, contendo um termômetro instalado próximo a sua parte central à 1,6 m de altura. A distribuição mensal da temperatura média durante o período de condução do experimento foi obtida por aferições diárias (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios das temperaturas mínimas e máximas dentro do ambiente protegido durante a condução do experimento

Meses	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Agosto/2012	13,6	38,1
Setembro/2012	14,2	40,5
Outubro/2012	17,3	42,7
Novembro/2012	20,8	48,5

2.5. Avaliações aos 21 dias após a emergência da batateira (21 DAE)

A. Índices na quarta folha (folha referência)

Aos 21 DAE, antes da amontoa foram realizadas avaliações na quarta folha completamente expandida (QF).

1. Índice SPAD

O índice SPAD foi determinado com o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development-502) no folíolo terminal da QF à partir do ápice da planta, por ser esta folha recomendada para análise do estado nutricional da batateira (Fontes, 2011). É uma avaliação não destrutiva e com leitura em tempo real. A medição foi realizada entre 08:00 e 10:00 horas da manhã.

2. Índices de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio

Os índices de clorofila (CHL), flavonóides (FLV) e balanço de nitrogênio (NBI) foram determinados com o medidor portátil Dualex (Force A), no folíolo terminal da QF. O NBI é a razão clorofila/flavonóides (ou N/carbono). Os índices de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio são avaliações não destrutivas e com leitura em tempo real. A medição foi realizada entre 08:00 e 10:00 horas da manhã.

3. Número de folíolos

Realizado pela contagem do número de folíolos da QF.

4. Área foliar

A QF foi destacada da planta, acondicionada em saco de papel e levada ao laboratório. A área da QF foi determinada com o sistema de análise de imagem WinDias 3, da Delta-TDevice.

5. Teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo

Após chegar ao laboratório, o pecíolo da QF foi seccionado 3 cm acima do ponto de inserção da haste. Em seguida, a secção do pecíolo foi espremida com o auxílio de uma pinça até que uma gota do suco celular pingasse na sessão do medidor portátil (C-141 Cardy Nitrate Meter, Horiba), equipado com microeletrodo sensível ao nitrato, onde foi medido o teor de nitrato seguindo-se os procedimentos sugeridos por Guimarães et al. (1998) modificado.

6. Massas da matéria fresca e seca

A massa da matéria da QF fresca foi determinada pela pesagem da mesma em balança analítica, incluindo a pesagem da secção usada para extrair a seiva. Posteriormente, a folha foi acondicionada em saco de papel e colocada em estufa de circulação forçada de ar à 70°C até atingir massa constante sendo determinada a massa da matéria seca.

7. Teor e conteúdo de nitrogênio

Após a secagem, a QF foi moída em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh, para a determinação do teor de N ($N-NH_4$) após digestão sulfúrica, utilizando-se o reagente Nessler (Jackson, 1958). Pela multiplicação da massa da matéria da QF seca, pelo teor de N, foi obtido o conteúdo N na QF.

B. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre na quarta folha

Outra subamostra da QF foi submetida à digestão nitro-perclórica e analisada quanto aos teores de K e P por fotometria de emissão de chama, (Braga & Defelipo, 1974), Ca, Mg e S por espectrofotometria de absorção atômica (Blanchar et al., 1965). Pela multiplicação da massa da matéria da QF seca, pelo teor de K, P, Ca, Mg e S foram obtidos os conteúdos de K, P, Ca, Mg, e S na QF.

C. Caracterização do crescimento inicial da planta

1. Comprimento da haste principal, números de hastes e folhas

A medição do comprimento da haste principal foi realizada na casa de vegetação com o auxílio de régua graduada. Esta medida foi realizada a partir do nível do substrato até a região apical da batateira. Contou-se o número de hastes e de folhas.

2. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes frescas e secas

As plantas foram colhidas, acondicionadas em saco plástico, levadas ao laboratório e separadas em folhas, hastes e raízes. As partes foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa da matéria fresca. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C, até obterem massa constante quando foi determinada a massa da matéria seca.

D. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes

Após a secagem, as folhas, hastes e raízes foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh e foram submetidas à digestão nitro-perclórica e analisadas quanto aos teores de K e P por fotometria de emissão de chama (Braga & Defelipo, 1974), Ca, Mg e S por espectrofotometria de absorção atômica (Blanchar et al., 1965). Pela multiplicação da massa da matéria seca das folhas, hastes e raízes, pelo teores de K, Ca, Mg, P e S foram obtidos os conteúdos de K, Ca, Mg, P e S nas folhas, hastes e raízes.

O conteúdo de K, Ca, Mg, P e S na planta inteira foi obtido para cada nutriente pelo somatório dos seus conteúdos nas folhas, quarta folha, hastes e raízes.

2.6. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)

1. Número e massa da matéria de tubérculos frescos e secos

Após a senescência da parte aérea, os tubérculos foram colhidos em 02/11/2012, lavados e avaliados quanto ao número, massa da matéria fresca e classificados pela medida do diâmetro transversal (Tabela 3). Também, avaliou-se a massa da matéria dos tubérculos secos. Para isto, amostras de tubérculos foram pesadas ainda frescas, cortadas em pequenos pedaços, colocadas em sacos de papel e acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C até obterem massa constante, quando foi determinada a massa da matéria seca.

2. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas

Após a colheita dos tubérculos, as plantas foram separadas em folhas, hastes e raízes. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C, até obterem massa constante quando foi determinada a massa da matéria seca.

3. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos

Após a secagem, as folhas, hastes, raízes e tubérculos foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh, submetidas a digestão nitro-perclórica e analisadas quanto aos teores de K e P por fotometria de emissão de chama (Braga & Defelipo, 1974), Ca, Mg e S por espectrofotometria de absorção atômica (Blanchar et al., 1965). Pela multiplicação da massa da matéria das folhas, hastes, raízes e tubérculos secos, pelo teor de K, P, Ca, Mg, e S, foram obtidos os conteúdos de K, P, Ca, Mg, e S nas folhas, hastes, raízes e tubérculos.

O conteúdo de K, Ca, Mg, P e S na planta inteira foi obtido para cada nutriente pelo somatório dos seus conteúdos nas folhas, hastes, raízes e tubérculos.

Tabela 3 - Classificação de tubérculos de batata-semente em função diâmetro transversal (IMA, 2003)

Tipos	Diâmetro transversal do tubérculo (mm)
0	Acima de 60
I	50 a 60
II	40 a 50
III	30 a 40
IV	23 a 30
V	16 a 23
VI	13 a 16
VII	10 a 13
VIII	menor que 10

2.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão com a utilização do software estatístico SAEG 9.1 (Saeg, 2007). O modelo de regressão foi escolhido com base no significado biológico e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t adotando-se o nível de até 10 % de probabilidade, e no coeficiente de determinação ($R^2 = SQ_{regressão}/SQ_{tratamento}$).

2.8. Estabelecimentos do valor ótimo de cada variável

O valor ótimo da variável foi calculado a partir da equação ajustada para a relação entre dose de K e número de tubérculos seguindo-se metodologia descrita em Fontes (2001). O valor da dose de K que proporcionou a máxima produtividade de tubérculos foi substituído na equação ajustada entre doses de K e o valor de cada variável. Neste trabalho foi utilizado a dose de 0 mg dm⁻³ de K, o qual proporcionou a máxima produtividade de tubérculos, 15,95 unidades/planta.

3 – RESULTADOS

3.1. Avaliações aos 21 dias após a emergência da batateira (21 DAE)

A. Índices na quarta folha (folha referência)

Houve efeito de dose de K sobre as seguintes variáveis determinadas na quarta folha completamente expandida (QF), aos 21 dias após a emergência da batateira (DAE): índice balanço de nitrogênio (NBI); número de folíolos (NFo); área foliar (AF); massas da matéria fresca (MF) e seca (MS); conteúdos de nitrogênio (N), potássio (QK) e enxofre (QS). As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 4.

B. Caracterização do crescimento da batateira

Das características ligadas ao crescimento, determinadas aos 21 DAE, houve efeito de dose de K sobre o número de folhas (NF); massas da

matéria das folhas (MFF), hastes (MFH) e raízes (MFR) frescas e massas da matéria das folhas (MSF), raízes (MSR) e planta inteira (MSPI) secas. As equações representativas da relação entre dose de K e as características ligadas ao crescimento, determinadas aos 21 DAE, estão na Tabela 5.

Tabela 4 – Equações ajustadas para o índice SPAD, clorofila (CHL), flavonóides (FLV), índice balanço de nitrogênio (NBI), número de folíolos (Nfo), área foliar (AF) massa da matéria fresca (MF), massa da matéria seca (MS), teores de nitrato na seiva (NO₃), nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), conteúdos de nitrogênio (QN), potássio (QK), fósforo (QP), cálcio (QCa), magnésio (QMg) e enxofre (QS) na quarta folha (QF) aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas ao substrato, os respectivos coeficientes de determinação e valores ótimos (VO)

Características	Unidade	Equações ajustadas	R ² /r ²	VO
SPAD	VR*	$\hat{Y} = 51,00$	-	51,00
CHL	VR*	$\hat{Y} = 38,50$	-	38,50
FLV	VR*	$\hat{Y} = 0,62$	-	0,62
NBI	VR*	$\hat{Y} = 68,5497 - 0,52360 \cdot K^{1/2} + 0,00828470 \cdot K$	0,90	68,55
Nfo	unidade	$\hat{Y} = 4,10000 - 0,000568182 \cdot K$	0,77	4,10
AF	cm ²	$\hat{Y} = 52,4596 + 0,0418821 \cdot K - 0,0000186143 \cdot K^2$	0,96	52,46
MF	g/QF	$\hat{Y} = 1,50557 + 0,00160505 \cdot K - 0,000000655049 \cdot K^2$	0,91	1,50
MS	g/QF	$\hat{Y} = 0,120844 + 0,000113339 \cdot K - 0,000000048853 \cdot K^2$	0,86	0,12
NO ₃	mg L ⁻¹	$\hat{Y} = 3,40$	-	3,40
N	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 6,1$	-	6,10
K	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 6,62$	-	6,62
P	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,72$	-	0,72
Ca	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 2,69$	-	2,69
Mg	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 3,66$	-	3,66
S	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,33$	-	0,33
QN	g/ QF	$\hat{Y} = 0,00712151 + 0,00000609465 \cdot K - 0,00000000257670 \cdot K^2$	0,81	0,007
QK	g/ QF	$\hat{Y} = 0,00689786 + 0,00000727543 \cdot K - 0,00000000290659 \cdot K^2$	0,92	0,007
QP	g/ QF	$\hat{Y} = 0,0006$	-	0,0006
QCa	g/ QF	$\hat{Y} = 0,0038$	-	0,0038
QMg	g/ QF	$\hat{Y} = 0,0031$	-	0,0031
QS	g/ QF	$\hat{Y} = 0,000273161 + 0,000000119865 \cdot K - 0,000000000603068 \cdot K^2$	0,76	0,0003

, * e * - significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

*VR = valor relativo, sem unidade.

Tabela 5 – Equações ajustadas para o comprimento da haste (CH), número de hastes (NH), número de folhas (NF), massas da matéria das folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) frescas (MF) e secas (MS) aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas ao substrato, os respectivos coeficientes de determinação e valores ótimos (VO)

Características	Unidade	Equações ajustadas	R ² /r ²	VO
CH	Cm	$\hat{Y} = 5,82$	-	5,82
NH	ud/planta	$\hat{Y} = 1,35$	-	1,35
NF	ud/planta	$\hat{Y} = 8,0000 - 0,000757576^{***}K$	0,87	8,00
MFF	g/planta	$\hat{Y} = 44,1923 - 0,0170424^{*}K$	0,80	44,19
MFH	g/planta	$\hat{Y} = 7,75673 + 0,00363412^{***}K - 0,00000197005^{*}K^2$	0,88	7,76
MFR	g/planta	$\hat{Y} = 14,0226 - 0,00157306^{***}K - 0,000000557769^{***}K^2$	0,99	14,02
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 3,93169 + 3,000643116^{*}K - 0,000000565927^{*}K^2$	0,99	3,93
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 0,46$	-	0,46
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 0,878179 - 0,000204902^{**}K$	0,99	0,88
MSPi	g/planta	$\hat{Y} = 6,936 - 0,0142475^{**}K$	0,90	6,94

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

C. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes

Houve efeito de dose de K sobre os teores de potássio nas folhas (KF), hastes (KH) e raízes (KR), fósforo nas hastes (PH), cálcio nas hastes (CaH), magnésio nas folhas (MgF), hastes (MgH) e raízes (MgR), enxofre nas hastes (SH) e raízes (SR). As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 6.

D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes

Houve efeito de dose de K sobre o conteúdo de potássio nas hastes (QKH), raízes (QKR) e planta inteira (QKPI), fósforo nas raízes (QPR) e planta inteira (QPPI), cálcio nas folhas (QCaF), hastes (QCaH), raízes (QCaR) e planta inteira (QCaPI), magnésio nas folhas (QMgF), hastes (QMgH), raízes (QMgR) e planta inteira (QMgPI) e enxofre nas folhas (QSF), hastes (QSH), raízes (QSR) e planta inteira (QSPI). As variáveis avaliadas e

as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 7.

Tabela 6 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em dag kg⁻¹, para os teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas ao substrato, os respectivos coeficientes de determinação e valores ótimos (VO)

Características	Equações ajustadas	R ² /r ²	VO
KF	$\hat{Y} = 4,93150 + 0,000692424^{**}K$	0,90	4,93
KH	$\hat{Y} = 7,30750 + 0,00160530^{**}K$	0,84	7,30
KR	$\hat{Y} = 3,14600 + 0,000811742^{**}K$	0,98	3,14
PF	$\hat{Y} = 0,61$	-	0,61
PH	$\hat{Y} = 0,396000 + 0,0000583333^{***}K$	0,99	0,40
PR	$\hat{Y} = 0,89$	-	0,89
CaF	$\hat{Y} = 6,43$	-	6,43
CaH	$\hat{Y} = 6,22507 - 0,00163393^{**}K + 0,000000603847^{**}K^2$	0,64	6,22
CaR	$\hat{Y} = 6,23$	-	6,23
MgF	$\hat{Y} = 1,84236 + 0,00170233^{**}K - 0,000000625164^{**}K^2$	0,98	1,84
MgH	$\hat{Y} = 2,54250 - 0,00141439^{**}K + 0,000000482094^{**}K^2$	0,63	2,54
MgR	$\hat{Y} = 2,38893 + 0,000749080^{*}K - 0,000000207841^{***}K^2$	0,66	2,39
SF	$\hat{Y} = 1,44$	-	1,44
SH	$\hat{Y} = 7,465 - 0,000384848^{*}K + 0,000000195133^{**}K^2$	0,88	0,75
SR	$\hat{Y} = 1,09 - 0,0000613636^{*}K$	0,85	1,09

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

Tabela 7 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em g/planta, para os conteúdos (Q) de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas ao substrato, os respectivos coeficientes de determinação e valores ótimos (VO)

Características	Equações ajustadas	R ² /r ²	VO
QKF	$\hat{Y} = 0,1838$	-	0,183
QKH	$\hat{Y} = 0,034635 + 0,0000281212*K - 0,0000000115358**K^2$	0,83	0,035
QKR	$\hat{Y} = 0,02796 - 0,00000334848**K$	0,93	0,027
QKPI	$\hat{Y} = 0,26492 + 0,0000881402***K - 0,000000047205*K^2$	0,91	0,265
QPF	$\hat{Y} = 0,0202$	-	0,020
QPH	$\hat{Y} = 0,0021$	-	0,002
QPR	$\hat{Y} = 0,007340 - 0,00000164394**K$	0,70	0,007
QPPI	$\hat{Y} = 0,03634 - 0,00000593939**K$	0,63	0,036
QCaF	$\hat{Y} = 0,286845 - 0,0000550152**K$	0,73	0,286
QCaH	$\hat{Y} = 0,034985 - 0,00000693182**K$	0,83	0,034
QCaR	$\hat{Y} = 0,052395 - 0,0000115455**K$	0,88	0,052
QCaPI	$\hat{Y} = 0,377825 - 0,0000733248**K$	0,80	0,378
QMgF	$\hat{Y} = 0,0922887 + 0,0000764028**K - 0,0000000359697**K^2$	0,94	0,092
QMgH	$\hat{Y} = 0,0172657 - 0,00000442231**K$	0,92	0,017
QMgR	$\hat{Y} = 0,25353 - 0,00000594256**K$	0,92	0,253
QMgPI	$\hat{Y} = 0,117882 + 0,0000641912***K - 0,000000033464*K^2$	0,99	0,118
QSF	$\hat{Y} = 0,0682814 - 0,0000144149**K$	0,97	0,068
QSH	$\hat{Y} = 0,00378641 - 0,000000524947*K$	0,99	0,004
QSR	$\hat{Y} = 0,00933421 - 0,00000243594**K$	0,99	0,009
QSPI	$\hat{Y} = 0,0821323 - 0,0000183238**K$	0,98	0,082

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

3.2. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)

A. Número e massa da matéria de tubérculos frescos e secos

Houve efeito de doses de K sobre o número de tubérculos (NT) e sobre a massa da matéria de tubérculos frescos (MFT) e secos (MST). As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 8 e a representação gráfica nas figuras 1 e 2.

Na tabela 9 está representada a distribuição dos tubérculos colhidos nas diversas classes em função dos tratamentos.

B. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas

Houve efeito de dose de K sobre as massas da matéria das folhas (MSF), raízes (MSR) e planta inteira (MSPI) secas. As variáveis avaliadas e as equações que representam a relação entre doses de K e essas variáveis estão na Tabela 8.

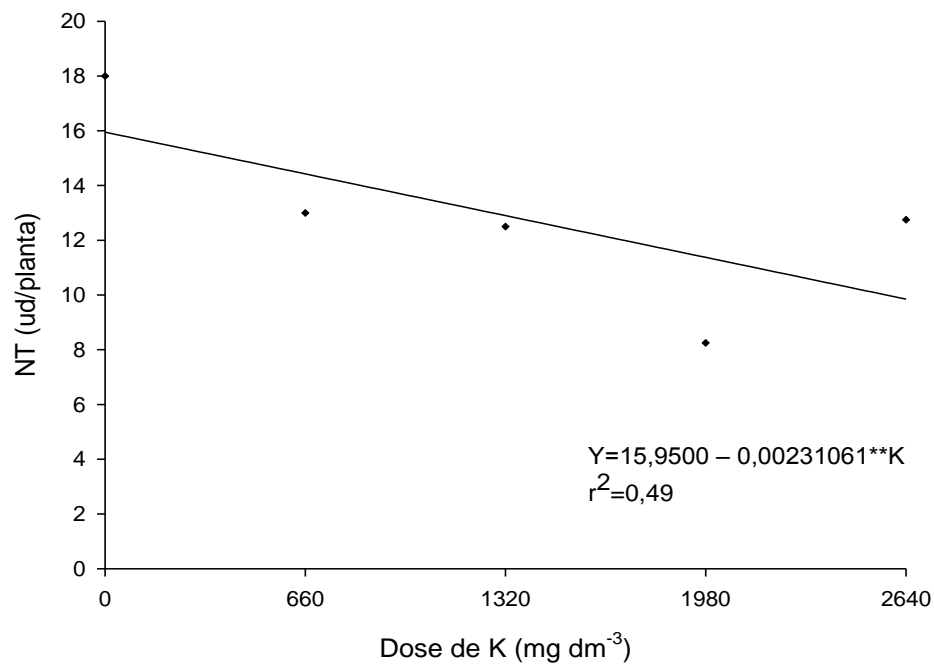
Tabela 8 – Equações ajustadas para número de tubérculos (NT), massas da matéria de tubérculos frescos (MFT) e secos (MST), folhas (MSF), hastes (MSH), raízes (MSR) e planta inteira (MSPI) secas na colheita, em função de doses de potássio (K) adicionadas ao substrato e os respectivos coeficientes de determinação

Características	Unidade	Equações ajustadas	R ² /r ²
NT	ud/planta	$\hat{Y} = 15,9500 - 0,00231061^{**}K$	0,49
MFT	g/planta	$\hat{Y} = 301,900 - 0,0593939^{**}K$	0,98
MST	g/planta	$\hat{Y} = 8,65756 - 0,00143454^{**}K$	0,69
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 5,00819 + 0,00100472^{**}K - 0,00000060727^{**}K^2$	0,97
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 0,95$	-
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 0,0423929 + 0,0000834307^{**}K - 0,0000000227929^{**}K^2$	0,93
MSPI	g/planta	$\hat{Y} = 15,212 - 0,00162131^{**}K$	0,65

** e * - significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

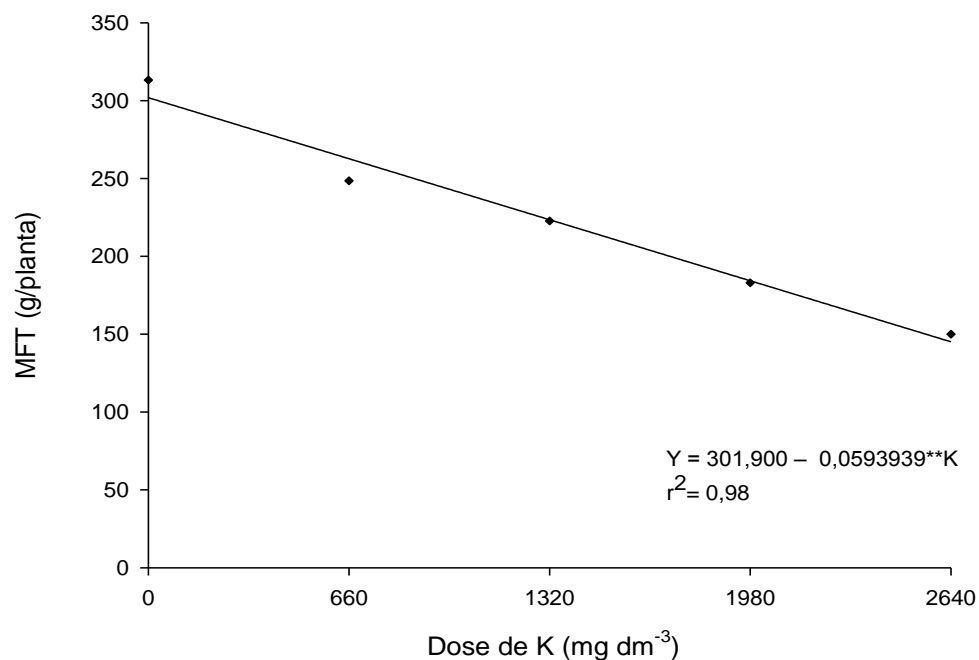
Tabela 9 – Número de tubérculos colhidos por classes em cada tratamento em função de dose de potássio (K) adicionadas ao substrato, de acordo com o diâmetro transversal (mm)

Tratamento	Classe de tubérculos/ Diâmetro transversal (mm)					
	III 30 a 40	IV 23 a 30	V 16 a 23	VI 13 a 16	VII 10 a 13	VIII < 10
Dose de K (mg dm ⁻³)						
0		4,75	5,75	2,50	2,75	2,25
600	0,25	5,00	2,75	3,25	1,25	0,50
1320		4,75	3,25	2,50	1,25	0,75
1980	0,75	1,75	1,50	2,50	1,00	0,75
2640		1,00	3,50	4,00	3,25	1,00



** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste de "t".

Figura 1 – Número de tubérculos (NT) em função de doses de potássio (K) no substrato.



** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste de "t".

Figura 2 – Massa da matéria de tubérculos frescos (MFT) em função de doses de potássio (K) no substrato.

C. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos

Houve efeito de dose de K sobre o teor de potássio nas folhas (KF), hastes (KH) e raízes (KR); fósforo nas folhas (PF) e tubérculos (PT); cálcio nas folhas (CaF), hastes (CaH) e tubérculos (CaT); enxofre nas folhas (SF), hastes (SH) e raízes (SR). As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 10.

D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos

Houve efeito de dose de K sobre os conteúdos de potássio nas hastes (QKH) e nas raízes (QKR); fósforo nas folhas (QPF), raízes (QPR), tubérculos (QPT) e planta inteira (QPPI); cálcio nas folhas (QCaF), raízes (QCaR) e planta inteira (QCaPI), magnésio nas hastes (QMgH), raízes (QMgR) e planta inteira (QMgPI); enxofre nas folhas (QSF), hastes (QSH), raízes (QSR) e planta inteira (QSPI). As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 11.

Tabela 10 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em dag kg^{-1} , para os teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita, em função de doses de potássio (K) adicionadas ao substrato, e os respectivos coeficientes de determinação

Características	Equações ajustadas	R^2/r^2
KF	$\hat{Y} = 5,16986 - 0,00143101 * K + 0,000000677637 ** K^2$	0,95
KH	$\hat{Y} = 3,97150 + 0,00151894 ** K$	0,96
KR	$\hat{Y} = 0,750000 + 0,000235606 ** K$	0,79
KT	$\hat{Y} = 5,05$	-
PF	$\hat{Y} = 0,250500 + 0,0000337121 ** K$	0,77
PH	$\hat{Y} = 0,21$	-
PR	$\hat{Y} = 0,45$	-
PT	$\hat{Y} = 0,513571 - 0,0000888528 * K + 0,0000000327955 * K^2$	0,99
CaF	$\hat{Y} = 0,941071 + 0,000164556 *** K - 0,0000000561623 *** K^2$	0,89
CaH	$\hat{Y} = 8,25650 + 0,000251894 * K$	0,63
CaR	$\hat{Y} = 6,10$	-
CaT	$\hat{Y} = 0,94 + 0,000168939 *** K - 0,0000000573921 *** K^2$	0,90
MgF	$\hat{Y} = 2,73$	-
MgH	$\hat{Y} = 2,96$	-
MgR	$\hat{Y} = 1,73$	-
MgT	$\hat{Y} = 1,24$	-
SF	$\hat{Y} = 1,58900 + 0,000501894 *** K - 0,000000209481 * K^2$	0,96
SH	$\hat{Y} = 1,06929 - 0,00115579 ** K + 0,000000627624 ** K^2$	0,73
SR	$\hat{Y} = 0,778 - 0,0000924242 * K$	0,99
ST	$\hat{Y} = 0,16$	-

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

Tabela 11 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em g/planta, para os conteúdos (Q) de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R), tubérculos (T) e planta inteira (PI) na colheita, em função de doses de potássio (K) adicionadas ao substrato, e os respectivos coeficientes de determinação

Características	Equações ajustadas	R ² /r ²
QKF	$\hat{Y} = 0,24$	-
QKH	$\hat{Y} = 0,0383836 + 0,0000327339*K - 0,0000000123582**K^2$	0,96
QKR	$\hat{Y} = 0,000400955 + 0,000000462705**K$	0,99
QKT	$\hat{Y} = 0,16$	-
QKPI	$\hat{Y} = 0,47$	-
QPF	$\hat{Y} = 0,0131500 + 0,00000329924***K - 0,00000000152089*K^2$	0,88
QPH	$\hat{Y} = 0,0022$	-
QPR	$\hat{Y} = 0,000231425 + 0,000000140409**K$	0,89
QPT	$\hat{Y} = 0,041954 - 0,00000660568**K$	0,72
QPPI	$\hat{Y} = 0,06587 - 0,00000819697**K$	0,78
QCaF	$\hat{Y} = 0,0474128 + 0,0000174746***K - 0,00000000851758*K^2$	0,96
QCaH	$\hat{Y} = 0,08$	-
QCaR	$\hat{Y} = 0,00265309 + 0,00000489973**K - 0,00000000133770**K^2$	0,90
QCaT	$\hat{Y} = 0,07$	-
QCaPI	$\hat{Y} = 0,333303 - 0,0000387683**K$	0,90
QMgF	$\hat{Y} = 0,13$	-
QMgH	$\hat{Y} = 0,00469565 + 0,00000210982***K - 0,00000000117586**K^2$	0,92
QMgR	$\hat{Y} = 0,000734989 + 0,00000139534**K - 0,000000000371983**K^2$	0,95
QMgT	$\hat{Y} = 0,13$	-
QMgPI	$\hat{Y} = 0,310095 - 0,0000461256**K$	0,75
QSF	$\hat{Y} = 0,0825821 + 0,0000370118***K - 0,0000000184154*K^2$	0,99
QSH	$\hat{Y} = 0,00085526 - 0,00000085336***K + 0,00000000055985**K^2$	0,69
QSR	$\hat{Y} = 0,000183365 + 0,000000730458**K$	0,57
QST	$\hat{Y} = 0,0002$	-
QSPI	$\hat{Y} = 0,137388 - 0,0000152270***K$	0,99

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

CAPÍTULO II

Efeito de doses de potássio sobre índices de avaliação do estado de nitrogênio e produtividade de batata-semente básica em hidroponia

1 – INTRODUÇÃO

A legislação brasileira determina que “material de propagação de batata é órgão do vegetal utilizado, no todo ou em parte, para a sua propagação vegetativa, incluindo-se entre estes a muda, o tubérculo in vitro e o tubérculo de qualquer tamanho, assim como as brotações dele derivadas, e que tenha finalidade específica de plantio” (MAPA, 2012).

Entretanto, os tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) produzidos por muda oriunda de cultura de tecido tem sido popularmente denominados minitubérculos, possuindo de 5 a 25 mm e 0,1 a 10 g de massa fresca, podendo ser maiores (Struik, 2007). A utilização do termo minitubérculo é generalizado, principalmente no segmento de produção de batata semente da categoria básica.

A batata-semente básica utilizada no Brasil pode ser importada de países como Holanda, Canadá, Argentina e Alemanha ou produzida no próprio país, via cultura de tecidos. O sucesso da manutenção da limpeza clonal oferecida pelo material genético proveniente da cultura de tecidos é dependente do meio em que os minitubérculos serão multiplicados, pois uma vez infectados, estes favorecem a disseminação de doenças, a infecção por vírus, principalmente o vírus do enrolamento da folha (PLRV) e vírus Y, que constituem a principal causa da degenerescência da batata-semente no Brasil e que torna os tubérculos sementes com limitado potencial produtivo (Daniels et al., 2002).

Segundo Normas estabelecidas pela Instrução Normativa número 32 de 20/11/2012 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012), o tubérculo-semente é classificado em semente genética, básica, certificada, S1 e S2. Na referida Instrução é mencionado que para a

batata-semente na categoria básica há gerações G0, G1, G2 e G3 de acordo com padrões decrescentes de sanidade.

A multiplicação no campo das gerações sucessivas da categoria básica é difícil tanto pelo processo agrônômico quanto pela possibilidade de contaminação por pragas de material de valor relativo mais elevado. A produção em ambiente protegido, embora somente obrigatória para a classe G0, vem se tornando uma alternativa.

Em ambiente protegido, utilização de técnicas hidropônicas mostra-se promissora para a produção de batata-semente básica, pois a hidroponia é um método em que se cultiva sem a presença de solo, reduzindo assim a contaminação da semente por patógenos de solo (Souza, 2009). Resultados obtidos com técnicas hidropônicas revelam importantes avanços no processo produtivo de batata-semente no que diz respeito à taxa de multiplicação (Wheeler et al., 1990; Wan et al., 1994; Medeiros et al., 2002; Factor et al., 2007; Souza, 2009; Silva Filho, 2011).

Recentemente, o sistema hidropônico de três fases, composto por areia, argila expandida e água foi proposto por Silva Filho (2011) para a produção de batata-semente básica utilizando o broto como material de propagação. Acredita-se que ajustes neste sistema sejam necessários na tentativa de otimizar a produção de batata-semente básica. Um dos ajustes seria a utilização de minitubérculo como material de propagação e o manejo do potássio (K) da solução nutritiva.

Independente do sistema de produção utilizado na produção de batata, quase sempre é necessário adicionar K ao meio. O K é o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura da batata (Perrenoud, 1993), além de ser necessário para a obtenção de alta produtividade e qualidade dos tubérculos (Westermann et al., 1994 a,b).

A deficiência de K pode levar a batateira a apresentar redução no acúmulo de matéria seca e área foliar (Cao & Tibbits, 1991), retardamento da emergência e crescimento, senescência precoce, folhas de coloração verde-escuras (Chapman et al., 1992), seguido por necrose, caules mais finos, internódios mais curtos, aparência encurvada e folhagem murcha. Sintomas visuais de excesso de K não são comuns, contudo, o excesso deste nutriente pode propiciar redução no crescimento e na produção sem

visível sintomatologia (Mengel, 2007). Portanto, é necessário adicionar K à solução nutritiva de forma a otimizar a produção de batata-semente no sistema utilizado sem afetar a absorção e assimilação de outros nutrientes.

Dentre diversas funções como à alocação de açúcar, síntese de vários compostos da fotossíntese e ativador de enzimas (Mengel, 2007), o K está associado à absorção e assimilação do nitrogênio (Helal & Mengel, 1979). Esse é o segundo nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura da batata (Nunes et al., 2006) e que interfere diretamente na produção e qualidade de tubérculos (Wu et al., 2007).

Mesmo em condição de campo, não há análise de solo recomendada como critério de orientação para a dose de N a ser aplicada. Recentemente, estudos vêm sendo direcionados visando utilizar a tecnologia baseada na necessidade de N da planta. Para isso é necessário avaliar ou monitorar o estado de nitrogênio da planta que é feito com base em apropriado valor de um determinado índice (Fontes, 2011), normalmente determinado na folha.

O índice mais comumente utilizado é a análise de N na massa da matéria da folha seca. Porém, esta é uma análise onerosa, que necessita de pessoal capacitado e laboratório equipado, além de ser demorada. Frente aos entraves deste tipo de análise, diversos estudos vêm sendo conduzidos visando utilizar a tecnologia baseada na necessidade de N da planta determinada em tempo real no local de plantio (Fontes, 2011). Os índices mais comuns de N na planta, possíveis de serem realizados em tempo real, são as variáveis morfo-fisiológicas da planta: comprimento, largura, massa da matéria fresca e área da quarta folha. Adicionalmente, há a possibilidade de medir o valor de intensidade do verde da folha por medidor portátil, que proporciona leitura instantânea, de maneira não destrutiva de folhas (Fontes, 2011).

Qualquer índice para monitorar o estado de N da planta somente poderá ser utilizado com sucesso caso se tenha um valor ótimo como referencial de comparação. É sabido que vários fatores interferem com o valor referencial dos índices, como material de propagação e meio de cultivo utilizado. Pela conhecida interação existente entre o K e o N, acredita-se que possa haver efeito do estado de potássio da planta sobre o valor ótimo dos índices nitrogenados na planta de batata.

A hipótese acima mencionada não foi avaliada em sistema hidropônico em areia onde podem ser obtidas plantas com acentuadas diferenças de concentrações de potássio.

Os objetivos deste trabalho em hidroponia foram:

1 - Determinar o efeito de doses de K sobre:

a) o valor de índices de avaliação do estado de nitrogênio das plantas determinados aos 21 DAE, na quarta folha (SPAD, Dualex, número de folíolos, comprimento, largura, área, massa da matéria fresca e seca, teor de N-NO_3 na seiva do pecíolo e teor e conteúdo de N na matéria seca);

b) características de crescimento inicial da planta (comprimento da haste principal, número de haste, número de folhas);

c) produção de massa da matéria seca pelos órgãos da planta e pela planta inteira;

d) produtividade de tubérculos (número e massa da matéria de tubérculos frescos).

2 - Caracterizar o estado nutricional inicial de K, P, Ca, Mg e S das plantas e o acúmulo dos mesmos em órgãos e na planta inteira no final do ciclo.

3 - Estabelecer a dose ótima de K para a produção de minitubérculos de batata-semente básica.

4 - Determinar o valor crítico de K na massa da matéria da folha de referência seca.

5 - Caracterizar os sintomas visuais de deficiência e de excesso de K nas plantas.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa - MG.

2.2. Material de propagação

O material de propagação utilizado foi minitubérculo da cultivar Ágata, categoria básica G0, tipo VI (13 – 16 mm de diâmetro transversal, IMA, 2003), brotados naturalmente com brotos de aproximadamente 0,5 cm de comprimento.

2.3. Tratamentos e delineamento

Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de potássio (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 mmol L⁻¹) com quatro repetições. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com uma planta. As fontes de K utilizadas foram cloreto de potássio (KCl) e nitrato de potássio (KNO₃), e as doses utilizadas foram determinadas de acordo com Furlani (1998) modificada.

2.4. Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico de três fases, composto por argila expandida, água e areia lavada, proposto por Silva Filho (2011) que se encontra em fase de patenteamento.

Os vasos foram lavados com água corrente da torneira, detergente e água sanitária e enxaguados com água desionizada. A areia foi lavada com água corrente, até que a água proveniente da lavagem estivesse translúcida, foi colocada em suporte com saco de algodão para escorrer o excesso de água e logo após, foi acondicionada em caixas plásticas limpas. A argila expandida também foi lavada com água corrente até que a água proveniente da lavagem estivesse translúcida.

Os vasos foram preenchidos com areia lavada sobre uma camada de aproximadamente 5-7 cm de argila expandida coberta por um disco de tela de clarite.

Foi utilizado vaso de polietileno com 28 cm de diâmetro e 27 cm de altura, com capacidade para 8,5 L, perfurado ao fundo e ligado a uma mangueira rígida de polietileno conectada a um cano de PVC que conduzia solução nutritiva drenada para o reservatório com capacidade para 50 L.

Cada vaso foi irrigado diariamente com solução nutritiva por linhas consecutivas de microtubos, cujo excesso era drenado para o reservatório

de descarga que contido em cada tratamento. Esse reservatório foi equipado com eletrobomba para que a solução drenada recirculasse no sistema.

O controle da irrigação foi automatizado, sendo realizado por um temporizador digital programado para acionar a eletrobomba por dois minutos às 7:00, 10:00; 12:00, 15:00 e 19:00 h.

O plantio do minitubérculo, um por vaso, ocorreu em 18/08/2012 à profundidade de aproximadamente um centímetro da superfície da areia. As plantas emergiram entre quatro e cinco dias após o plantio. Até a emergência, os minitubérculos foram irrigados com água desionizada. Após a emergência, a irrigação foi feita com metade da concentração de nutrientes descrita para cada tratamento e após sete dias, foi fornecida solução com a concentração de macro e micronutrientes para cada tratamento (Tabela 2).

Aos 21 dias após a emergência (DAE), foi realizada a amontoa adicionando-se mais areia lavada à parte superior do vaso.

O experimento foi conduzido em bancada com aproximadamente 1,2 m de altura, contendo um termômetro instalado próximo a sua parte central à 1,6m de altura. A distribuição mensal da temperatura média durante o período de condução do experimento foi obtida por aferições diárias (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores médios das temperaturas mínima e máxima dentro do ambiente protegido durante a condução do experimento

Meses	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Agosto/2012	13,6	38,1
Setembro/2012	14,2	40,5
Outubro/2012	17,3	42,7
Novembro/2012	20,8	48,5

2.5. Preparo da solução nutritiva

As soluções estoques de macro e micronutrientes foram preparadas no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa e foram utilizados sais P. A (puro para análise) e água desionizada em seu preparo.

Depois de prontas, as soluções nutritivas foram acondicionadas em recipientes de vidro com capacidade para 1L e mantidas na casa de vegetação. O recipiente contendo a solução estoque de ferro foi revestida com papel tipo alumínio.

A concentração de macro e micronutrientes utilizada na solução nutritiva deste experimento estão na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade expressa em mL, da solução de sais minerais, contendo macro e micronutrientes adicionadas à água na formulação da solução nutritiva (50L), de acordo com cada tratamento contendo as doses crescentes de potássio¹⁾

Solução do sal mineral	Tratamento (mmol de K)				
	0	2,5	5	7	10
NaNO ₃	250	125	125	0	0
KNO ₃	0	125	250	250	250
KCl	0	0	0	125	250

¹⁾ Todos os tratamentos receberam 630 mL de Ca(H₂PO₄)₂; 70 mL de NH₄NO₃; 79 mL de MgSO₄; 200 mL de CaSO₄; 158,5 mL de Ca(NO₃)₂; 50 mL de Fe-EDTA; 50 mL de solução contendo H₃BO₃; CuSO₄; MnSO₄; ZnSO₄ e (NH₄)₆Mo₇O₂₄.

2.6. Manutenção e troca da solução nutritiva

A solução nutritiva utilizada e contida no reservatório com capacidade para 50 L foi monitorada diariamente através das medidas da condutividade elétrica (CE), com condutivímetro digital e do pH com peagâmetro digital. O pH foi mantido entre 5,0 a 5,5 através da adição de solução de correção, à base de hidróxido de sódio (NaOH a 1mol L⁻¹) ou de ácido clorídrico (HCl a 10%). A troca da solução nutritiva foi realizada quando a depleção atingiu 30% da CE original em pelo menos um tratamento. Durante o período de condução do experimento, do plantio dos minitubérculos até a colheita em 08/11/2012, a troca da solução nutritiva foi realizada nove vezes.

2.7. Avaliações aos 21 dias após emergência da batateira (DAE)

A. Índices na quarta folha (folha referência)

Aos 21 DAE, antes da amontoa foram realizadas avaliações na quarta folha completamente expandida (QF). Quando não descrita, as avaliações foram feitas como no Capítulo 1.

1. Índice SPAD

2. Índices de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio

3. Número de folíolos, comprimento e largura

O Número de folíolos foi determinado de modo semelhante ao descrito capítulo I.

O comprimento e largura foram medidos com uma régua graduada em mm. A medida do comprimento foi considerada a partir do ápice do folíolo terminal da QF até o termino do primeiro par de folíolos. A medida da largura foi considerada a distância de um folíolo ao outro na parte mediana da QF.

4. Área foliar

5. Teor de N-NO₃ na seiva do pecíolo

6. Massa da matéria fresca e seca

7. Teor e conteúdo de nitrogênio

8. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre

B. Caracterização do crescimento inicial da planta

1. Comprimento da haste principal, números de hastes e folhas

2. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes frescas e secas

C. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes

2.8. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)

1. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas

2. Número e massa da matéria de tubérculos frescos e secos

3. Teor e conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos

2.9. Análise estatística

Seguiu-se o mesmo procedimento descrito no Capítulo I.

3.0. Estabelecimentos do valor ótimo de cada variável

O valor ótimo da variável foi calculado a partir da equação ajustada para a relação entre dose de K e número de tubérculos seguindo-se metodologia descrita em Fontes (2001). O valor da dose de K que proporcionou a máxima produtividade de tubérculos foi substituído na equação ajustada entre doses de K e valor de cada variável. Neste trabalho foi utilizada a dose de 6,15 mmol L⁻¹ de K, o qual proporcionou a máxima produtividade de tubérculos, 48,41 unidades/planta.

3 – RESULTADOS

3.1. Avaliações aos 21 dias após a emergência da batateira (DAE)

A. Índices na quarta folha (folha referência)

Na avaliação aos 21 DAE na quarta folha completamente expandida (QF), houve efeito de dose de K sobre os índices SPAD, clorofila (CHL), índice balanço de nitrogênio (NBI); número de folíolos (NFo); comprimento (C); largura (L); teor de nitrato na seiva (NO₃); massa da matéria fresca (MF) e seca (MS); teores de potássio (K), fósforo (P) e magnésio (Mg); conteúdos de nitrogênio (N), potássio (QK) e fósforo (QP). As variáveis

avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 3.

O valor ótimo para os índices na QF, aos 21 DAE, estimado com a dose 6,15 mmol L⁻¹ de K, estão na Tabela 3.

B. Caracterização do crescimento da batateira

Das características ligadas ao crescimento, determinadas aos 21 DAE, houve efeito de dose de K sobre as variáveis: comprimento da haste principal (CH); número de folhas (NF); massa da matéria das raízes (MFR) frescas e massas da matéria das folhas (MSF), hastes (MSH) e planta inteira (MSPI) secas avaliadas aos 21 DAE da batateira. As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis estão na Tabela 4.

O valor ótimo estimado com a dose de 6,15 mmol L⁻¹ de K, para os índices avaliados estão na Tabela 4.

Tabela 3 – Equações ajustadas para o índice SPAD, índice de clorofila (CHL), flavonóides (FLV), balanço de N (NBI), número de folíolos (NFo), comprimento (C), largura (L), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS), teor de nitrato na seiva (NO₃), teor de nitrogênio (N), teores e conteúdos (Q) de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) da quarta folha (QF) aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, os respectivos coeficientes de determinação e valores ótimos (VO)

Características	Unidade	Equações ajustadas	R ²	VO
SPAD	VR*	$\hat{Y} = 57,3143 - 4,03743*K + 0,273143***K^2$	0,93	42,82
CHL	VR*	$\hat{Y} = 50,4664 - 4,62214**K + 0,331714**K^2$	0,88	34,59
FLV	VR*	$\hat{Y} = 0,76$	-	0,76
NBI	VR*	$\hat{Y} = 59,9664 - 3,59214**K + 0,287714*K^2$	0,84	48,76
NFo	unidade	$\hat{Y} = 4,43571 + 1,15143*K - 0,0971429*K^2$	0,92	7,84
C	cm	$\hat{Y} = 8,67643 + 1,78886**K - 0,110286***K^2$	0,99	15,51
L	cm	$\hat{Y} = 6,02901 + 1,0308*K - 0,184498***K^2$	0,94	5,39
AF	cm ²	$\hat{Y} = 57,70$	-	57,70
MF	g/QF	$\hat{Y} = 1,53379 + 0,378096*K - 0,0302886***K^2$	0,84	2,71
MS	g/QF	$\hat{Y} = 0,174326 + 0,0245709*K - 0,00195829*K^2$	0,87	0,25
NO ₃	mgL ⁻¹	$\hat{Y} = 1,64929 - 0,0564286**K + 0,0031428**K^2$	0,99	1,42
N	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 5,91$	-	5,91
K	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 1,79414 + 1,08229**K - 0,0602286**K^2$	0,91	6,17
P	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,716714 + 0,0780286**K - 0,00714286**K^2$	0,97	0,93
Ca	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 1,3968$	-	1,40
Mg	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 3,20893 - 0,421743**K + 0,0473143**K^2$	0,98	2,40
S	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,0584$	-	0,06
QN	g/QF	$\hat{Y} = 0,0112534 + 0,00106834***K - 0,0000937695***K^2$	0,89	0,0143
QK	g/QF	$\hat{Y} = 0,0031878 + 0,00327571**K - 0,000212571*K^2$	0,91	0,0152
QP	g/QF	$\hat{Y} = 0,001264 + 0,0003415**K - 0,0000288571**K^2$	0,96	0,0023
Qca	g/QF	$\hat{Y} = 0,0034$	-	0,0034
QMg	g/QF	$\hat{Y} = 0,0061$	-	0,0061
QS	g/QF	$\hat{Y} = 0,0006$	-	0,0006

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

*VR = valor relativo, sem unidade.

Tabela 4 – Equações ajustadas para o comprimento da haste (CH), número de hastes (NH), número de folha (NF), massas da matéria de folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) frescas (MF) e secas (MS) aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, os respectivos coeficientes de determinação e valores ótimos (VO)

Características	Unidade	Equações ajustadas	R ²	VO
CH	cm	$\hat{Y} = 15,0714 + 2,89286^{**}K - 0,266286^{**}K^2$	0,77	22,79
NH	ud/planta	$\hat{Y} = 1,7$	-	1,70
NF	ud/planta	$\hat{Y} = 9,34286 + 4,28571^{**}K - 0,388571^{**}K^2$	0,87	21,00
MFF	g/planta	$\hat{Y} = 35,44$	-	35,44
MFH	g/planta	$\hat{Y} = 8,60$	-	8,60
MFR	g/planta	$\hat{Y} = 5,80469 + 3,34901^{**}K - 0,219697^{**}K^2$	0,79	18,09
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 1,5248 + 0,929483^{**}K - 0,0715451^{**}K^2$	0,75	4,54
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 0,277844 + 0,133817^{**}K - 0,0102189^{**}K^2$	0,69	0,71
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 0,330371 + 0,239498^{**}K - 0,0170151^{**}K^2$	0,83	1,16
MSPI	g/planta	$\hat{Y} = 2,30734 + 1,32737^{**}K - 0,100737^{**}K^2$	0,77	6,66

** e * - significativos a 1 e 5% de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

C. Teor de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes

Houve efeito de dose de K sobre os teores de potássio nas folhas (KF) e hastes (KH), fósforo nas hastes (PH), magnésio nas raízes (MgR) e enxofre nas hastes (SH) na avaliação da batateira aos 21 DAE. As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis avaliadas estão na Tabela 5.

O valor ótimo estimado com a dose de 6,15 mmol L⁻¹ de K, para os índices avaliados estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em dag kg⁻¹, para os teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R), aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, os respectivos coeficientes de determinação e valores ótimos (VO)

Características	Equações ajustadas	R ²	VO
KF	$\hat{Y} = 2,03757 + 1,60034^{**}K - 0,122514^{**}K^2$	0,94	7,25
KH	$\hat{Y} = 5,38371 + 1,36663^{*}K - 0,0859429^{*}K^2$	0,96	10,54
KR	$\hat{Y} = 4,57$	-	4,57
PF	$\hat{Y} = 0,83$	-	0,83
PH	$\hat{Y} = 0,549657 + 0,0712028^{*}K^{1/2} - 0,0179097^{***}K$	0,80	0,55
PR	$\hat{Y} = 0,77$	-	0,77
CaF	$\hat{Y} = 4,26$	-	4,26
CaH	$\hat{Y} = 6,27$	-	6,27
CaR	$\hat{Y} = 2,71$	-	2,71
MgF	$\hat{Y} = 2,68$	-	2,68
MgH	$\hat{Y} = 2,10$	-	2,10
MgR	$\hat{Y} = 5,56936 - 1,20079^{**}K + 0,0904286^{**}K^2$	0,97	1,60
SF	$\hat{Y} = 0,0058$	-	0,0058
SH	$\hat{Y} = 0,00548292 + 0,00132126^{*}K - 0,0000987114^{***}K^2$	0,85	0,0099
SR	$\hat{Y} = 0,0166$	-	0,0166

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes e raízes

Houve efeito de dose de K para conteúdo de potássio nas folhas (QKF), hastes (QKH), raízes (QKR) e na planta inteira (QKPI), fósforo nas folhas (QPF) e planta inteira (QPPI), cálcio nas hastes (QCaH), magnésio nas folhas (QMgF), hastes (QMgH) e planta inteira (QMgPI) e enxofre nas hastes (QSH) avaliados as 21 DAE da batateira. As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis avaliadas estão na Tabela 6.

O valor ótimo estimado com a dose de 6,15 mmol L⁻¹ de K, para os índices avaliados estão na Tabela 6.

Tabela 6 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em g/planta, para os conteúdos (Q) de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI), aos 21 dias após a emergência da batateira, em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, os respectivos coeficientes de determinação e os valores ótimos (VO)

Características	Equações ajustadas	R ²	VO
QKF	$\hat{Y} = 0,0444821 + 0,0794073^{**}K - 0,00614143^{**}K^2$	0,87	0,3006
QKH	$\hat{Y} = 0,0173257 + 0,0125744^{**}K - 0,000759143^{**}K^2$	0,81	0,0659
QKR	$\hat{Y} = 0,0141221 + 0,0108323^{**}K - 0,000691429^{**}K^2$	0,78	0,0546
QKPI	$\hat{Y} = 0,0780850 + 0,108844^{**}K - 0,008000^{**}K^2$	0,86	0,4449
QPF	$\hat{Y} = 0,0123171 + 0,00782929^{**}K - 0,000597429^{**}K^2$	0,96	0,0379
QPH	$\hat{Y} = 0,0033$	-	0,0033
QPR	$\hat{Y} = 0,0066$	-	0,0066
QPPI	$\hat{Y} = 0,0186293 + 0,0103666^{**}K - 0,000786857^{**}K^2$	0,76	0,0526
QCaF	$\hat{Y} = 0,1646$	-	0,1646
QCaH	$\hat{Y} = 0,021775 + 0,00636000^{**}K - 0,000600000^{**}K^2$	0,90	0,0601
QCaR	$\hat{Y} = 0,0256$	-	0,0256
QCaPI	$\hat{Y} = 0,2247$	-	0,2247
QMgF	$\hat{Y} = 0,0371329 + 0,0293577^{**}K - 0,00247257^{**}K^2$	0,71	0,1242
QMgH	$\hat{Y} = 0,00783714 + 0,00172529^{**}K - 0,000161429^{**}K^2$	0,90	0,0123
QMgR	$\hat{Y} = 0,0222$	-	0,0222
QMgPI	$\hat{Y} = 0,0678307 + 0,0325574^{**}K - 0,00268514^{**}K^2$	0,73	0,1665
QSF	$\hat{Y} = 0,0001$	-	0,0001
QSH	$\hat{Y} = 0,0000548 + 0,0000132^{**}K - 0,0000009777^{***}K^2$	0,85	0,00009
QSR	$\hat{Y} = 0,0002$	-	0,0002
QSPI	$\hat{Y} = 0,0009$	-	0,0009

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

3.2. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)

A. Massas da matéria das folhas, hastes e raízes secas

Na colheita, houve efeito de dose de K sobre as massas da matéria de folhas (MSF) e hastes (MSH) secas. As variáveis avaliadas e as equações que representam a relação entre doses de K e essas variáveis avaliadas na colheita estão na Tabela 7.

B. Número, massa da matéria de tubérculos frescos e secos

Houve efeito de dose de K sobre o número de tubérculos (NT) e a massa da matéria de tubérculos frescos (MFT) e secos (MST). As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e as variáveis avaliadas na colheita estão na Tabela 7.

O número de tubérculos, distribuídos em diversas classes estão na Tabela 8 e a representação gráfica da relação entre dose de K e NT e MFT estão nas figuras 1 e 2, respectivamente.

O valor máximo do número de tubérculos foi 48,41 unidades/planta obtido com a dose de 6,15 mmol L⁻¹ de K.

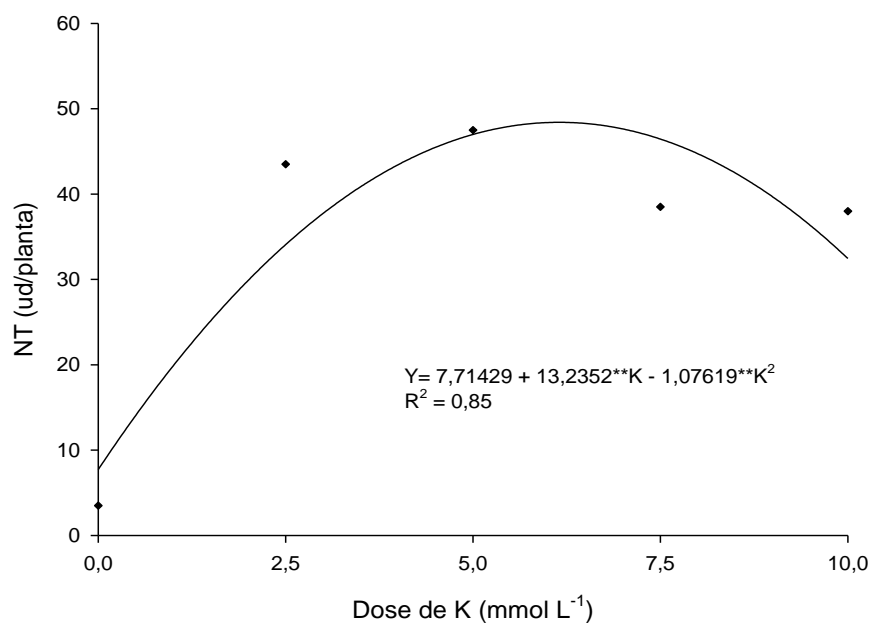
Tabela 7 – Equações ajustadas para o número (NT), massa da matéria de tubérculos frescos (MFT) e secos (MST), folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) secas na colheita, em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, e os respectivos coeficientes de determinação

Características	Unidade	Equações ajustadas	R ² /r ²
NT	ud/planta	$\hat{Y} = 7,71429 + 13,2352^{**}K - 1,07619^{**}K^2$	0,85
MFT	g/planta	$\hat{Y} = 44,9429 + 196,406^{**}K - 16,0286^{**}K^2$	0,95
MST	g/planta	$\hat{Y} = 45,35435^{**}K + 4,21237K^2$	0,55
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 7,45626 + 13,0412^{**}K - 0,870606^{**}K^2$	0,98
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 1,87308 + 1,52930^{**}K$	0,83
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 9,21$	-
MSPI	g/planta	$\hat{Y} = 118,51$	-

** e * - significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

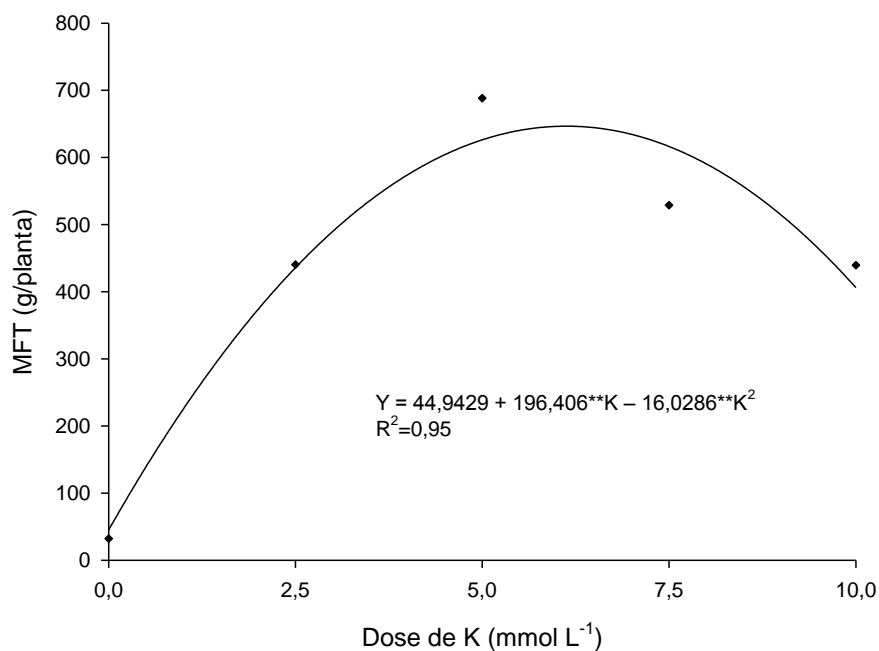
Tabela 8 – Número de tubérculos colhidos por classes em cada tratamento de dose de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, de acordo com o diâmetro transversal (mm)

Tratamento	Tipos de tubérculos/ Diâmetro transversal (mm)						
Dose de K (mmol L ⁻¹)	II 40-50	III 30 a 40	IV 23 a 30	V 16 a 23	VI 13 a 16	VII 10 a 13	VIII < 10
0,0	0,25	1,75	1,25	0,25	-	-	-
2,5	0,25	1,25	2,25	2,75	4,75	2,75	10,50
5,0	1,00	4,00	6,25	6,00	4,00	5,75	13,50
7,5	1,00	1,75	4,50	5,50	7,00	2,75	15,50
10,0	1,00	2,75	7,25	5,00	5,75	6,50	13,25



** - significativo a 1%de probabilidade pelo teste de "t".

Figura 1 – Número de tubérculos (NT) em função de dose de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia.



** - significativo a 1%de probabilidade pelo teste de "t".

Figura 2 – Massa da matéria de tubérculo fresco (MFT), em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia.

C. Teor de potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre nas folhas, hastes, raízes e tubérculos

Houve efeito de dose de K sobre os teores de potássio nas folhas (KF), hastes (KH) e tubérculos (KT); fósforo nas folhas (PF), hastes (PH), raízes (PR) e tubérculos (PT); cálcio nas hastes (CaH), raízes (CaR) e tubérculos (CaT), magnésio nas hastes (MgH) e raízes (MgR); enxofre nas folhas (SF), raízes (SR) e tubérculos (ST). As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis avaliadas na colheita estão na Tabela 9.

Tabela 9 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em dag kg^{-1} , para os teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita, em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, e os respectivos coeficientes de determinação

Características	Equações ajustadas	R ² /r ²
KF	$\hat{Y} = 1,38250 + 0,686800^{**}K$	0,77
KH	$\hat{Y} = 0,0867143 - 0,979729^{**}K - 0,0409429^{*}K^2$	0,94
KR	$\hat{Y} = 0,53$	-
KT	$\hat{Y} = 1,15550 + 0,237600^{**}K - 0,0136000^{**}K^2$	0,99
PF	$\hat{Y} = 0,232004 + 0,231424^{*}K^{1/2} - 0,0514610^{***}K$	0,91
PH	$\hat{Y} = 0,188000 + 0,0939000^{**}K - 0,00660000^{**}K^2$	0,73
PR	$\hat{Y} = 0,48492 - 0,0001941^{**}K + 0,00000008485^{***}K^2$	0,98
PT	$\hat{Y} = 0,605286 - 0,0365286^{*}K + 0,00214286^{***}K^2$	0,95
CaF	$\hat{Y} = 9,88$	-
CaH	$\hat{Y} = 11,5446 - 1,53551^{**}K + 0,100171^{*}K^2$	0,97
CaR	$\hat{Y} = 13,5771 - 2,46502^{**}K + 0,183409^{**}K^2$	0,95
CaT	$\hat{Y} = 1,35071 - 0,0470714^{***}K + 0,00545714^{*}K^2$	0,85
MgF	$\hat{Y} = 2,25$	-
MgH	$\hat{Y} = 4,37771 - 0,560671^{*}K + 0,0342571^{*}K^2$	0,95
MgR	$\hat{Y} = 5,12250 - 1,07790^{*}K + 0,0778000^{*}K^2$	0,95
MgT	$\hat{Y} = 1,86$	-
SF	$\hat{Y} = 0,00507335 + 0,0130496^{**}K - 0,00106843^{***}K^2$	0,93
SH	$\hat{Y} = 0,0118$	-
SR	$\hat{Y} = 0,0163184 - 0,0032492^{**}K + 0,000224942^{***}K^2$	0,99
ST	$\hat{Y} = 0,0048094 - 0,00057861^{**}K + 0,00004181^{**}K^2$	0,94

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

D. Conteúdo de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre nas folhas, hastes, raízes, tubérculos e planta inteira

Houve efeito de dose de K sobre os conteúdos de potássio nas folhas (QKF), raízes (QKR) e planta inteira (QKPI); fósforo nas folhas (QPF), hastes (QPH) e planta inteira (QPPI); cálcio nas folhas (QCaF), hastes (QCaH) e planta inteira (QCaPI); magnésio nas folhas (QMgF), hastes (QMgH) e planta inteira (QMgPI); enxofre nas folhas (QSF), raízes (QSR), tubérculos (QST) e planta inteira (QSPI).

As variáveis avaliadas e as equações representativas da relação entre dose de K e essas variáveis avaliadas na colheita estão na Tabela 10.

Tabela 10 – Equações ajustadas para as variáveis expressas em g/planta, para os conteúdos de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R), tubérculos (T) e planta inteira (PI) na colheita, em função de doses de potássio (K) adicionadas a solução nutritiva em hidroponia na areia, e os respectivos coeficientes de determinação

Características	Equações ajustadas	R ² /r ²
QKF	$\hat{Y} = 0,456320 + 0,388716^{**}K$	0,81
QKH	$\hat{Y} = 0,3937$	-
QKR	$\hat{Y} = 0,01129 + 0,0103880^{**}K$	0,73
QKT	$\hat{Y} = 1,5337$	-
QKPI	$\hat{Y} = 1,04590 + 0,672566^{**}K$	0,68
QPF	$\hat{Y} = 0,0305693 + 0,0635566^{**}K - 0,00428686^{**}K^2$	0,94
QPH	$\hat{Y} = 0,000936429 + 0,0122179^{**}K - 0,000524286^{***}K^2$	0,98
QPR	$\hat{Y} = 0,0463$	-
QPT	$\hat{Y} = 0,3531$	-
QPPI	$\hat{Y} = 0,0265707 + 0,279263^{**}K - 0,0211611^{**}K^2$	0,79
QCaF	$\hat{Y} = 1,03086 + 1,78664^{**}K - 0,149183^{**}K^2$	0,75
QCaH	$\hat{Y} = 0,0337307 + 0,191368^{**}K - 0,0111111^{**}K^2$	0,99
QCaR	$\hat{Y} = 0,5834$	-
QCaT	$\hat{Y} = 0,9727$	-
QCaPI	$\hat{Y} = 0,964846 + 2,73375^{**}K - 0,216923^{**}K^2$	0,92
QMgF	$\hat{Y} = 0,266689 + 0,316289^{**}K - 0,0251057^{**}K^2$	0,74
QMgH	$\hat{Y} = 0,0209950 + 0,0679570^{**}K - 0,00421800^{*}K^2$	0,90
QMgR	$\hat{Y} = 0,1786$	-
QMgT	$\hat{Y} = 1,4254$	-
QMgPI	$\hat{Y} = 0,220877 + 1,20083^{**}K - 0,0936474^{**}K^2$	0,74
QSF	$\hat{Y} = 0,0000507335 + 0,000130496^{**}K - 0,0000106843^{**}K^2$	0,93
QSH	$\hat{Y} = 0,0001$	-
QSR	$\hat{Y} = 0,0000990287 - 0,0000184726^{*}K + 0,00000144037^{***}K^2$	0,77
QST	$\hat{Y} = 0,0000757914 - 0,0000127449^{*}K + 0,000000836362^{***}K^2$	0,98
QSPI	$\hat{Y} = 0,000356439 + 0,0000945377^{**}K - 0,00000834287^{*}K^2$	0,74

** , * e *** - significativos a 1, 5 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente

DISCUSSÃO

A variável número de tubérculos (NT) respondeu de forma diferente à adição de doses de K ao substrato orgânico e ao sistema de solução nutritiva circulante, chamados de experimentos 1 e 2, respectivamente. Apesar de que em sistema biológico a variável de destaque é a produção de massa seca, na presente dissertação optou-se por expressar a produção em número de tubérculos uma vez que os sistemas utilizados são, aparentemente, mais apropriados para a produção de minitubérculo semente de batata de categoria básica de qualidade mais elevada, os quais, normalmente, são comercializados em unidades.

A produção de semente pode ser realizada no laboratório, em ambiente protegido e no campo. Em se tratando da batata para a produção de semente, a variável que mais interessa é a produção de tubérculos (número e massa fresca). Há legislação própria como a Instrução Normativa nº 32 de 20/11/2012 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que estabelece as “Normas para a produção e a comercialização de material de propagação de batata (*Solanum tuberosum* L.) e os seus padrões, com validade em todo o território nacional, visando à garantia de sua identidade e qualidade” (MAPA, 2012). Na referida Instrução é mencionado que a batata-semente deverá ser produzida nas seguintes categorias: genética; básica (G0, G1, G2 e G3); certificada de primeira geração (C1); certificada de segunda geração (C2); S1; e S2. Portanto há categorias classificadas como básica e certificada. No caso de produção de minitubérculos sementes da categoria básica (G1, por exemplo), às vezes popularmente chamada de pré-básica, o que interessa é o número pois assim são comercializados. Na categoria básica de gerações mais elevadas (G3, por exemplo) e nas categorias certificada, S1 e S2 o tubérculo-semente é vendido em massa fresca.

No primeiro experimento, houve efeito linear decrescente de dose de K sobre NT, enquanto no segundo experimento a resposta de NT às doses de K foi do tipo quadrática. No primeiro experimento, a dose 0 mg dm^{-3} de KCl propiciou a maior produtividade de minitubérculos, 15,95

unidades/planta. Os valores correspondentes no segundo experimento foram 48,41 unidades/planta para 6,15 mmol L⁻¹ de K na solução nutritiva circulante.

Enquanto no experimento 1 a adição de KCl causou efeito deletério ao NT, no experimento 2 a resposta do NT às doses de K foi crescente até o ponto de máxima, quando passou a declinar. No primeiro experimento, havia K originalmente tanto na matéria orgânica, quanto adicionado pelo fabricante, isto é, havia K na dose 0 mg dm⁻³. O experimento 2 foi realizado em areia e argila expandida. Quimicamente, a areia é classificada como silicato, sendo constituída principalmente de quartzo (SiO₂) e impurezas que dependem da procedência da areia, predominando feldspatos (silicatos duplos de alumínio e outro metal alcalino terroso como K₂O.AL₂O₃.6SiO₂), argilas, óxidos de ferro e alumínio. Por esta razão foram várias vezes lavadas, com a expectativa de eliminar tanto a matéria orgânica quanto cátions e íons, caso presentes. Adicionalmente, em ambos os experimentos provavelmente havia K no material propagativo.

O resultado de interesse prático obtido, alto NT, permite classificar as doses de K adicionadas como deletérias ou tóxicas no primeiro experimento. No experimento 2, as doses de K foram insuficientes, ótimas ou deletérias, dependendo da quantidade de K aplicada. A ação negativa de dose de K sobre o NT possivelmente foi determinada pelo aumento da condutividade elétrica da solução do meio e/ou efeito negativo do íon acompanhante do K.

No primeiro experimento, a relação entre a massa da matéria de tubérculos frescos (MFT) e as doses de K apresentou comportamento linear decrescente, sendo 0 mg dm⁻³ de KCl a que propiciou o maior valor de MFT, 301,9 g/planta. No experimento 2, o comportamento da MFT diante das doses de K foi semelhante ao apresentado por NT, sendo que a dose que possibilitou a máxima MFT, 646,6 g/planta, foi 6,13 mmol L⁻¹ de K. Incremento no NT em função de dose de K adicionada ao substrato orgânico BioPlant[®] em vaso e utilizando minitubérculo da cultivar Ágata como material de propagação foi obtido por Moreira (2008). Essa autora encontrou incremento no número de tubérculos, estimado em 8,5 unidades/planta, com 1320 mg dm⁻³ de KCl, entretanto, não obteve efeito de doses de KCl sobre a massa da matéria de tubérculos frescos que foi 165,2 g/planta.

A diferença no valor da dose de K que propicia a máxima produção de tubérculos entre diferentes experimentos pode ser atribuída a diversos fatores, entre os quais, diferenças metodológicas, ano, época de plantio, manejo, heterogeneidade dos constituintes orgânicos do substrato associado ao fertilizante mineral adicionado pelo fabricante. Medeiros et al. (2002), em experimento em sistema hidropônico, conseguiram produzir de 8,6 a 49,6 tubérculos/planta e a massa média de tubérculos frescos de 3,3 a 15,4 g, dependendo da cultivar, material propagativo e do sistema de hidroponia, incluindo-se diferentes concentrações iônicas nas soluções nutritivas, como 183 e 298 mg L⁻¹ de K, por exemplo.

Os resultados obtidos nos experimentos 1 e 2, assim como os obtidos por Moreira (2008) e Medeiros et al. (2002), evidenciam desempenho mais qualificado desses sistemas (vaso contendo substrato comercial e sistema hidropônico) em relação a produção de batata-semente quando comparado com a multiplicação no solo, que é de 3 a 5 tubérculos por planta (Daniels et al., 2000). A superioridade pode ser devida à menor incidência, ou ausência de patógenos no meio, controle mais apropriado da nutrição das plantas, principalmente quando se utiliza solução nutritiva, pois através da mesma é possível manter a concentração de nutrientes junto às raízes e realizar ajustes quando necessários (Medeiros et al., 2002), fazer o controle do pH da solução em faixas que otimizem a absorção de nutrientes (Martinez & Alvarez, 1993), além de focar a obtenção de maior número de tubérculos de menor massa média.

No experimento 1, 1,55% do número de tubérculos produzidos foi do tipo III (30 a 40 mm). A maior parte dos tubérculos, 75,58%, foi dos tipos IV, V e VI (30 a 13 mm) e os 22,87% restantes do tipo VII e VIII (menor que 10 a 13 mm). No experimento 2, houve tubérculos com maior diâmetro, porém a porcentagem destes não foi expressiva, sendo 2,36% do tipo II (40 a 50 mm), 7,77% do tipo III e 42,42% dos tipos IV, V e VI. Adicionalmente, no experimento 2 houve predomínio de tubérculos menores com 11,99% classificados como do tipo VII e 35,64% como do tipo VIII. Souza et al. (2012), ao utilizarem brotos da cultivar Asterix para produzir minitubérculos de batata-semente básica em substrato orgânico comercial, obtiveram 84%

do número total de tubérculos produzidos abaixo do tipo VI e a maior porcentagem obtida foi de 31% para o tipo IV.

São inúmeros os trabalhos avaliando o efeito do potássio sobre a produção da batata em condições de campo com resultados nem sempre semelhantes (Maier, 1986; Westermann et al., 1994a,b; Fontes et al., 1996; Panique et al., 1997; Shahid & Moinuddin, 2001; Allison et al., 2001; Davenport & Bentley, 2001; Abdel-Gadir et al., 2003; Moinuddin et al., 2004; Cogo, 2006; Nava et al., 2007; El-Sirafy et al., 2008; Trehan et al., 2009; Singh & Lal, 2012). Por exemplo, no campo, Bansal & Trehan (2011) obtiveram aumento apenas no tamanho e não no número de tubérculos de batata com a aplicação de K. Singh & Lal (2012) verificando o comportamento dos nutrientes N e K na cultura da batata cultivada no solo, observaram interação significativa e positiva entre doses de N e K sobre a produção de tubérculos que foi máxima (39,83 t ha⁻¹), com 225 e 150 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente. Os dois nutrientes aumentaram a produção dos tubérculos maiores e decresceram a de tubérculos menores.

Mas, em ambiente protegido são escassos os trabalhos avaliando o efeito de doses de K sobre a produção de batata-semente básica. Normalmente, nos trabalhos emprega-se uma dose única, como por exemplo, na multiplicação de minitubérculos no solo e em casa de vegetação, onde Farran & Mingo-Castel (2007) utilizando 0,75 g/planta de K₂O, obtiveram 95 g/planta de massa de tubérculos frescos e 4,5 tubérculos/planta. Em ambiente protegido e cultivo em substrato aerado contendo a mistura de perlita e fibra de coco, continuamente irrigado com solução nutritiva não especificada em K, Mobini et al. (2009) alcançaram elevado número de tubérculos, 3950 tubérculos m⁻² com massa média de tubérculos frescos de 1,04g.

Também em ambiente protegido, em vasos de 3L, contendo o substrato Plantmax[®], foram produzidos 16 tubérculos da cultivar Monalisa com massa da matéria fresca de 8,94 g/planta (Corrêa et al., 2004). Em hidroponia, utilizando substrato orgânico e mudas originárias de cultura de tecido, Favoretto (2005) obteve 6,7 minitubérculos com 23 mm de maior diâmetro e massa da matéria fresca de 16,10 g, colhidos 53 dias após o transplante. Tais valores indicados no trabalho correspondem à

produtividade total de 469 minitubérculos e 1127 g m⁻² de massa da matéria fresca. Em experimento utilizando saco plástico contendo 1,40 kg de substrato Plantmax[®], com conteúdo inicial de 1506 mg kg⁻¹ de K, foram adicionadas doses crescentes de K fornecidas diariamente por fertirrigação, através de cinco soluções nutritivas contendo 3,5; 5,5; 6,5; 8,0 e 9,5 mmolL⁻¹ de K (Cogo, 2006; Cogo et al., 2006). Com esses tratamentos, as quantidades totais disponibilizadas em cada saco para uma planta de batata através das soluções nutritivas ao longo do período experimental foram de 912; 1434; 1694; 2085 e 2476 mg/planta de K, respectivamente. Em cada sacola foi efetuado o plantio de um tubérculo da cultivar Asterix, na densidade de 4,4 vasos m⁻² e o experimento foi encerrado aos 73 dias após o plantio. O estudo mostrou que não foram observados efeitos significativos da adição de K sobre o número, 7 e 16 tubérculos comercial e total e sobre a massa da matéria de tubérculos frescos, 755 g/planta (Cogo, 2006; Cogo et al., 2006). O controle preciso do número e tamanho de tubérculos de batata ainda continua a ser um desafio para os pesquisadores (Levy & Veilleux, 2007).

No experimento em substrato orgânico foram colhidos 258 tubérculos, normais (89,15 %) e anormais (10,85%). Dos tubérculos anormais, 5,04% estavam em início de apodrecimento ou totalmente podres; 4,26% apresentavam sintomas de sarna; 0,39% estavam rachados e 1,16% estavam embonecados. Não houve produção de tubérculos manchados, brotados ou com outro defeito ou distúrbio fisiológico.

No experimento em sistema hidropônico, foram colhidos 592 tubérculos. Destes, 55,4% apresentaram-se anormais. Destes tubérculos anormais, 5,24% estavam totalmente podres; 2,53% apresentavam com manchas escuras na epiderme; 24,32% estavam brotados; 22,47% estavam embonecados e 0,84% apresentavam algum tipo de defeito. A maior proporção de tubérculos anormais (73,47 %) foi observada no tratamento com 2,5 mmol L⁻¹ de K onde dos 24,5 tubérculos produzidos por planta, 18 eram anormais.

O tubérculo é um caule e apresenta epiderme, periderme, córtex (50%), anéis vasculares (30%) e medula (Fontes, 2005). Quando imaturo, solta a película, desidrata facilmente e é facilmente danificado e penetrado

por microorganismos. A ocorrência das anormalidades nos tubérculos em ambos os experimentos, pode ser atribuída em parte à alta temperatura no interior da casa de vegetação no período em que foram conduzidos os experimentos. A temperatura determina a ocorrência de distúrbios fisiológicos e na taxa de crescimento da maioria dos patógenos causadores de podridão nos tubérculos.

No campo, alguns fungos e bactérias desenvolvem-se melhor em temperatura ótima para a batata, porém, há patógenos que causam diversas doenças nas plantas como antracnose (*Colletotrichum coccodes*), canela preta (*Erwinia* spp), podridão mole (*Pectobacterium* spp), podridão de escleródio (*Sclerotium rolfsii*) e nematoides. Estes patógenos são favorecidos por temperatura acima de 27°C (Fiers, 2010).

Em cultivos hidropônicos, tem sido detectadas bactérias como *Pseudomonas solanacearum* e *Erwinia* além de fungos como *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* e espécies do gênero *Pythium*, frequentemente destrutivos na maioria das culturas produzidas em sistemas hidropônicos, principalmente nas épocas em que ocorre a elevação da temperatura da solução nutritiva e do ambiente da casa de vegetação (Patekoski, 2010).

O efeito de doses de K sobre os índices de N determinados na quarta folha, possíveis de serem utilizados na avaliação do estado de nitrogênio da planta (SPAD, CHL, FLV, NBI, Nfo, C, L, AF, MF, MS, N-NO₃ e N), dependeu do índice considerado. Nos dois experimentos, a dose de K não teve efeito significativo sobre o índice padrão de avaliação do estado de N da planta (AENP) que é o teor de N na massa da matéria da quarta folha seca. Não houve diferenciada adição de N aos tratamentos e o efeito acima encontrado é o esperado ou desejável experimentalmente, caso não ocorra interação da adição de K sobre o estado de N da planta. O valor ótimo do teor de N na quarta folha aos 21 DAE foi 6,10 e 5,91 dag kg⁻¹, respectivamente no experimento 1 e 2. É comum a citação de valores do teor de N na matéria seca variando de 4 a 6 dag kg⁻¹ para plantas jovens de batata e valores decrescentes com a idade da planta (Mills & Jones, 1996). Em experimento conduzido por Moreira et al. (2011a), utilizando vaso contendo substrato comercial e minitubérculos da cultivar Ágata, aos 60 dias

após o plantio, o valor ótimo para N na quarta folha foi $4,9 \text{ dag kg}^{-1}$. Em sistema hidropônico, utilizando brotos da cultivar Asterix, aos 79 dias após o plantio, obteve-se $3,39 \text{ dag kg}^{-1}$ de N na matéria da quarta folha seca (Souza, 2009).

Dos demais índices avaliados nos dois experimentos, apenas o FLV mostrou o mesmo comportamento do teor de N na massa da matéria da quarta folha seca em relação ao efeito de doses de K.

O teor de N-NO_3 na seiva, índice direto de AENP em tempo real, não foi influenciado por dose de K no experimento 1 e o oposto ocorreu no experimento 2, tendo atingido os valores ótimos de $3,40$ e $1,42 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Este índice não é usado para medir o estado de K da planta e sim o de N. Mas, o estado de K afetou o valor deste índice na planta em sistema hidropônico.

Também o SPAD, índice possível de ser usado para avaliar o estado de N das plantas, em tempo real (Fontes & Araújo, 2007), não foi influenciado por dose de K no experimento realizado no substrato orgânico e atingiu o valor $51,0$. A adição excessiva da quantidade de K ao substrato orgânico não foi sensorizada pelo SPAD. O contrário ocorreu no experimento em sistema hidropônico onde tanto déficit quanto excesso de K afetou o valor do índice SPAD, cujo valor ótimo foi $42,82$, calculado em função da dose de K que propiciou a máxima produtividade de tubérculos, em ud/planta . De modo geral, o valor ótimo do índice SPAD como determinante do estado de N das plantas pode variar dependendo de diversos fatores como ambiente, cultivar, estágio de crescimento da cultura, posição da leitura na folha, temperaturas extremas, luminosidade no momento da leitura, entre outros fatores (Arregui et al., 2000; Hoel, 2003; Spaner et al., 2005; Fontes & Araújo, 2007). Especificamente em plantio em substrato em ambiente protegido há referências de $33,9$ a $39,6$ (Rodrigues et al., 2000; Moreira, 2008). Com os dados do presente trabalho, acrescenta-se que o valor do índice SPAD varia com a dose de K adicionada ao sistema hidropônico.

Para os índices avaliados com o medidor Dualex, o NBI (índice de balanço de nitrogênio) foi significativo para os experimentos 1 e 2, apresentando comportamento quadrático em função de dose de K. O valor

ótimo de NBI para o experimento 1 foi 68,55 e para o experimento 2 de 48,76. Assim como a leitura no aparelho portátil SPAD, a leitura no Dualex pode sofrer interferência de fatores operacionais, da planta e do meio. Coelho et al. (2012), em condição de campo, utilizando a cultivar Ágata em estudo visando avaliar o estado de nitrogênio da batateira através de polifenóis e clorofila na folha, concluíram que o (NBI) foi o indicador mais preciso do estado nutricional de N da planta. No presente estudo, o valor do índice NBI, sugerido para AENP, foi influenciado por dose de K. Ambos os aparelhos portáteis, SPAD e Dualex, são sugeridos para AENP e não para avaliar o estado de K da planta, contudo disponibilidade diferenciada de K afeta o valor da leitura obtida com os mesmos.

Em ambos os experimentos, as variáveis NFO, MF, MS e QN da QF foram influenciadas por doses de potássio apresentando comportamento quadrático, sendo linear somente para NFO no primeiro experimento. Doses crescentes de K causam efeito decrescente nos valores de NFO no experimento 1, enquanto que, para os demais índices, a resposta às doses de K foi crescente até o valor máximo quando passou a declinar. Adicionalmente, no experimento 1, a AF também foi influenciada por dose de K, e no experimento 2, a dose de K influenciou as variáveis C e L. Moreira et al. (2011a) obtiveram efeito significativo de dose de N sobre NFO, MF, MS e QN, C e L, não encontrando efeito para a área da quarta folha. Assim, não somente as doses de N afetam as características de crescimento avaliadas na folha de referência (QF), mas também as doses de K.

Nas características agronômicas e de crescimento inicial da planta, determinadas aos 21 DAE, CH, NH, NF, MFF, MFH, MFR, MSF, MSH, MSR e MSPI, houve efeito significativo de dose de K, em ambos os experimentos, sobre as características NF, MFR, MSF, MSR e MSPI. No experimento 2, o efeito de dose em todas essas variáveis foi representado por um modelo quadrático enquanto no experimento 1, o modelo linear decrescente descreveu apropriadamente a relação entre dose de K e as variáveis NF, MSR e MSPI.

O declínio nos valores das variáveis do experimento 2 após atingirem um valor máximo e nos valores das variáveis do experimento 1 após a dose 0 mg dm⁻³ de KCl foi devido, provavelmente, ao desenvolvimento do

estresse salino, em que todos os processos importantes na planta, como fotossíntese, sínteses de proteína, de clorofila, metabolismos energéticos e lipídicos são afetados negativamente (Parida & Dasa, 2005). Estes autores mencionaram que o estresse salino provoca aumento no teor de polifenóis nas folhas, o que ocasiona imediata resposta nas plantas com a redução da taxa de expansão da área foliar e redução nas massas da matéria das folhas, hastes e raízes frescas e secas.

Nas características agronômicas e de crescimento final da planta, (MSF, MSH, MSR, MST e MSPI) determinadas aos 80 DAE no experimento em substrato orgânico e 81 DAE no experimento em sistema hidropônico, houve efeito de dose de K sobre todas as variáveis, exceto sobre MSH, no experimento 1. Considerando a variável MSPI com integradora do desenvolvimento e crescimento dos órgãos da planta, elemento básico para a análise de crescimento da batata (Oliveira et al., 2008), verificou-se no experimento 1 que aumentando-se a dose de K houve decréscimo em MSPI, tanto na fase inicial de crescimento quanto na fase final. Por outro lado, no experimento 2, a relação entre dose de K e a variável MSPI foi quadrática ou linear crescente quando avaliada nas fases inicial e final do ciclo, respectivamente.

O aumento acentuado na disponibilidade de K no experimento 1 parece ter estimulado o acúmulo de MS em alguns órgãos como folhas e raízes e reduzido nos tubérculos, interferido negativamente no acúmulo pela planta inteira. Este fato talvez possa ser atribuído ao íon acompanhante da fonte de K utilizada neste experimento, o Cl⁻. Este íon é o mais ativo no vacúolo, sendo um contra ânion na absorção iônica e essencial às plantas. Não é comum a ocorrência de deficiência deste, porém seu excesso pode ser tóxico às plantas em ação envolvendo a restrição do transporte raiz-parte aérea (Philip & Broadley, 2001). Redução no acúmulo de MS nos tubérculos foi encontrado por Allison et al. (2001). Estes autores observaram que quando o K foi aplicado na dose ótima, não houve efeito deste sobre a massa da matéria de tubérculos secos, porém, acima desta dose, a aplicação de K causou redução na massa da matéria dos mesmos secos.

O acúmulo de MS em folhas e raízes e a redução de MS nos tubérculos não ocorreu no experimento 2, pois embora o K seja exigido em

altas quantidades, as plantas têm a capacidade de absorver quantidades de K superiores as suas necessidades, o que comumente é denominado “consumo de luxo” (Meurer, 2006). Isto possibilitou respostas crescentes da MS pelos órgãos da planta em função da alta disponibilidade do nutriente. Segundo Fontes (2001), a absorção de nutrientes pela planta é o resultado de pelo menos três processos, absorção, translocação e incorporação e se correlaciona com a produção de massa da matéria da planta seca. No presente experimento de hidroponia os valores das massas da matéria de tubérculos secos variaram de 45,35 a 122,08 g/planta e parte aérea seca de 7,04 a 70,86 g/planta, dependendo da dose de K.

É pouco comum o aparecimento de sintomas visuais de deficiência de K em condições de campo na cultura da batata. Nas condições do experimento¹, também não foram observados sintomas visuais de deficiência de K. Entretanto, no experimento 2, em solução nutritiva, utilizando como substrato em maior volume a areia, estes sintomas foram visíveis na dose 0 mmol L⁻¹ de K. As plantas submetidas a este tratamento tiveram seu crescimento reduzido e completaram o ciclo com 15 dias a menos em comparação com os demais tratamentos.

Os primeiros sintomas de deficiência de K foram visualizados nas folhas mais velhas, as quais apresentaram coloração verde escuro, com ligeira necrose internerval que com o passar do tempo se tornaram mais pronunciadas, com manchas marrom escuro na parte dorsal das folhas e queimaduras nas bordas que ocasionavam leve encarquilhamento das mesmas para baixo. Sintomas visuais de deficiência de K semelhantes aos deste experimento foram observados nas folhas da batateira por Carmelo et al. (2006) e por Wallace (1943), em areia. Segundo este autor, a leve deficiência de K não resulta em imediatos sintomas visíveis devido à alta taxa de redistribuição do K entre tecidos maduros e em desenvolvimento. Inicialmente ocorre apenas redução na taxa de crescimento (fome oculta), e somente depois é que começam a clorose e necrose nas folhas mais velhas (Romhel & Kirkby, 2010). A produção de tubérculos também foi influenciada pela deficiência de K, sendo a produção média do tratamento 0 mmol L⁻¹ de K de 3,5 ud/planta.

Em plantas superiores, o potássio afeta a fotossíntese em vários níveis (Marschner, 1995). A abertura de estômatos requer potássio, podendo restringir a assimilação de CO₂ pela folha (Wallingford, 1980), afetando assim a fotossíntese. O resultado da deficiência de potássio é a redução da fotossíntese, contribuindo para a redução do crescimento vegetal (Huber, 1985).

Por outro lado, segundo Meurer (2006), são desconhecidos os sintomas causados por toxidez de K, apesar deste nutriente, quando disponível, ser absorvido por muitas espécies em quantidades superiores às necessárias, ocasionando o chamado “consumo de luxo”. Este excesso pode interferir, positiva ou negativamente, na absorção de outros cátions pelas plantas, considerando que a taxa de absorção de um íon pode ser afetada por outro, desde que estejam competindo diretamente pelo mesmo sítio carregador (Meurer, 2006). Não foram observados sintomas de excesso de K facilmente detectados visualmente nas plantas, contudo, o excesso nas plantas cultivadas no substrato orgânico provocou redução no NF, MFF, MSR e MSPI aos 21 DAE e no NT, MFT, MST e MSPI na colheita, além de reduzir a o acúmulo de nutrientes em diversos órgãos aos 21 DAE.

O estado nutricional de macronutrientes, inclusive K, da planta na fase inicial de crescimento, aos 21 DAE, foi avaliado, assim como o acúmulo destes na planta inteira ao final do ciclo. Aos 21 DAE, no experimento 1, dose de K influenciou os teores de K nos órgãos das plantas, havendo um incremento linear em seus valores. No experimento 2, dose de K influenciou os teores de K nas folhas e na haste de forma quadrática e sobre as raízes não houve diferença entre os tratamentos. Utilizando a folha como órgão de referência da planta, os valores ótimos para teor de K na matéria seca foram 4,93 e 7,25 dag kg⁻¹ para os experimentos 1 e 2, respectivamente. O valor encontrado no experimento 1 se encontra baixo e no experimento 2 na faixa de suficiência segundo Jones Junior et al. (1991) para o estágio da planta em que os tubérculos se encontram em desenvolvimento. Para os teores dos demais nutrientes analisados aos 21 DAE no experimento 1, a dose de K aumentou os teores de P, Ca, Mg e S na haste e parece ter interagido de forma negativa a partir de um determinado ponto para os teores de Mg e S nas raízes.

A exportação de K é normalmente 1,5 vezes maior que a de N e quatro a cinco vezes a de P, enquanto que as exportações de Mg, S e Ca são bem menores quando comparadas à de K, mas ainda consideradas (Perrenoud, 1993). A interação entre K, P, Ca, Mg e S ocorre tanto na planta quanto no meio de cultivo. No meio de cultivo, a fertilização potássica pode levar a diminuição de Mg (Rhue et al., 1986) e Ca na planta, pois K, Mg e Ca, competem por sítios de absorção na planta (Locascio et al., 1992). Comportamentos distintos para a quantidade de exportação de nutrientes são encontrados na literatura que pode ser atribuída a diversos fatores como cultivar, meio de cultivo, práticas culturais, diferentes fontes de nutrientes utilizadas e diferenças de produtividade. No trabalho de Reis Júnior & Monerat (2001), realizado no solo, utilizando dose de sulfato de potássio e a cultivar Baraka, os autores observaram que aos 20 e 48 DAE a parte aérea foi o principal dreno para K, Ca, Mg e S e apenas próximo a colheita, os tubérculos se tornaram o principal dreno para estes nutrientes.

No final do ciclo da cultura, tomando as variáveis QKPI, QPPI, QCaPI, QMgPI e QSPI como integradores dos órgãos da planta, verificou-se no experimento 1 que a dose de K não interferiu no seu conteúdo na planta inteira, porém para P, Ca, Mg e S o modelo descreveu a interação entre a dose de K e o conteúdo destes nutrientes na planta inteira como linear decrescente. No experimento 2, a dose de K promoveu aumento nos conteúdos de macronutrientes na planta inteira. Para K, a relação foi linear e para os demais nutrientes a relação foi quadrática. O conteúdo de nutriente presente, tanto na parte aérea quanto nos tubérculos, fornece estimativas do requerimento nutricional para a cultura da batata (Dunn & Rost, 1948).

Uma planta adequadamente nutrida em K cultivada em sistema hidropônico deve apresentar, aos 21 DAE, na QF, os seguintes valores ótimos: 42,82 de índice SPAD; 34,59 de índice clorofila; 48,76 de índice balanço de nitrogênio; 7,84 folíolos; 15,51 cm de comprimento; 5,39 cm de largura; 2,71 g de massa da matéria fresca; 0,25 g de massa da matéria seca; 1,42 mg L⁻¹ de nitrato na seiva do pecíolo; 6,17 dag kg⁻¹ de K; 0,93 dag kg⁻¹ de P; 2,4 dag kg⁻¹ de Mg e 0,0143 g de conteúdo de N. Os valores ótimos para as características do crescimento da planta avaliadas aos 21 DAE devem apresentar: 22,79 cm de comprimento da haste principal; 21

folhas; 18,09 g de massa da matéria de raízes frescas; 4,54 g de massa da matéria de folhas, 0,71 g de haste, 1,16 de raízes e 6,66 g da planta inteira seca; 7,25 dag kg⁻¹ de K nas folhas e 10,54 na haste seca; 0,55 dag kg⁻¹ de P na haste seca; 1,6 dag kg⁻¹ de Mg nas raízes secas e 0,0099 dag kg⁻¹ de S nas haste seca.

CONCLUSÕES

- É desnecessário aplicar K ao substrato orgânico BioPlant[®] série Prata para produção de batata-semente básica em vasos;
- É 6,15 mmol L⁻¹ de K a dose ótima para produzir batata-semente básica em sistema hidropônico de três fases;
- O teor ótimo de K na massa da matéria da QF seca é 6,62 e 6,17 dag kg⁻¹ para as plantas nos experimentos em substrato orgânico comercial e sistema hidropônico, respectivamente;
- O estado nutricional de K necessita ser considerado ao ser diagnosticado o estado de N da planta pelos índices de crescimento da planta aos 21DAE, em ambos os experimentos;
- Disponibilidade diferenciada de K no meio afeta o valor da leitura obtida com os aparelhos portáteis SPAD e Dualex;
- Dose de K foi deletéria para NF e MFR, influenciou positivamente a MFH e MSF e não influenciou o CH e NH, no experimento com substrato orgânico comercial. No experimento em sistema hidropônico houve aumento no CH, NF e MFR em função de dose de K;
- Foram observados sintomas visuais de deficiência de K nas plantas do experimento em sistema hidropônico na dose 0 mmol L⁻¹ de K. Os sintomas foram coloração verde escuro com necrose internerval, manchas marrom escuro na parte dorsal, queimadura nas bordas e encarquilhamento para baixo das folhas velhas e redução no crescimento das plantas;
- Não foram observados sintomas visuais de deficiência de K nas plantas no substrato orgânico, mas houve sintomas de excesso de K como redução no NF, MFF, MSR e MSPI aos 21 DAE e no NT, MFT, MST e MSPI na colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-GADIR, A.H.; ERREBHI, M.A.; AL-SARHAN, H.M.; IBRAHIM, M. The effect of different levels of additional potassium on yield and industrial qualities of potato (*Solanum tuberosum* L.) in an irrigated arid region. *American Journal of Potato Research*, v.80, n.3, p.219-222. 2003.
- ABREU M.F.; ABREU C.A.; BATAGLIA O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: III Encontro Nacional de Substratos para Plantas. Campinas, 2002. Campinas: IAC, 1728p. (IAC. Documentos, 70). 2002.
- AGRIANUAL. Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP. 2013.
- ALLISON, M.F.; FOWLER, J.H.; ALLEN, V.E.J. Responses of potato (*Solanum tuberosum*) to potassium fertilizers. *The Journal of Agricultural Science*. v.136, n.4, p.407-426. 2001.
- ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L.; PAULA, F.L.M.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T. Curva crítica de diluição do nitrogênio da cultivar "Asterix" de batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.7, p.1179-1184. 2006.
- ARREGUI, L.M.; MERINA, M.; MINGO-CASTEL, A.M. Aplicacion del medidor portátil de clorofila en los programas de fertilizacion nitrogenada en patata de siembra. *Actas Del Congresso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo em Patata, Vitória-Gasteis. Anais*. p. 157-170. 2000.
- BANSAL, S.K.; TREHAN, S.P. Effect of potassium on yield and processing quality attributes of potato. *Karnataka Journal Agricultural Science*, v.24, n.1, p.48-54. 2011.
- BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. *Handbook of plant nutrition*. Boca Raton: CRC Press. 63p. 2007.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: ENSUB – IV encontro Nacional sobre Substratos para plantas. Viçosa: UFV, 434p. 2004.
- BIOPLANT – Substrato para plantas. 2013. Disponível em: <http://www.bioplant.com.br/produtos/casca-de-pinus/bioplant-potato/>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. *Proceeding-Soil Science Society of America*, v.29, n.1, p.71-72. 1965.

- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e material vegetal. *Revista Ceres*, v.21, n.133, p.73-85. 1974.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFÓS, p. 63-145. 1993.
- CAO, W.; TIBBITS, T.W. Potassium concentration effect on growth, gas exchange and mineral accumulation in potatoes. *Journal of Plant Nutrition*, v.14, n.6, p.525-537. 1991.
- CARMELO, Q.A.C.; DEON, M.D.I.; DECHEN, A.R. Sintomatologia de deficiência dos macronutrientes na batateira. *Batata Show*, n.16, ano 6, p.15. 2006.
- CAKMAK I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *Journal of Experimental Botany*, 45, p.1245–1250. 1994a.
- CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSHNER, H. Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. *Journal of Experimental Botany*, 45, p.1251–1257. 1994.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2011. Disponível em: <http://www.cepea.org.br/>. Acesso em: 26 de mai de 2013.
- CHAPMAN, K.S.; SPARROW, L.A.; HARDMAN, P.R.; WRIGHT, D.N.; THORP, J.R.A. Potassium nutrition of Kenebeck and Russet Burbank potatoes in Tasmania: effect of soil and fertilizer potassium on yield, petiole and tuber potassium concentration, and tuber quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.32, p.521-527. 1992.
- COELHO, F.S.; FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L.; CECON, P.R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.47, n.4, p.584-592. 2012.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Nutrição e adubação do milho. *Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção*, 1. Versão Eletrônica – 6º edição. 2010.
- COELHO, E.L.; FONTES, P.C.R. Índices agronômicos do meloeiro associado à dose adequada de nitrogênio, em ambiente protegido e em campo. *Ciência e Agrotecnologia*. v. 29. p. 979-979. 2005.
- COGO, C.M. Crescimento, qualidade de tubérculo e relação N/K da cultura da batata cultivada sob doses elevadas de potássio. Santa Maria: UFSM, 46p. (Dissertação de Mestrado). 2006.

- COGO, C.M.; ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; GODOI, R.S.; BORTOLOTTI, O.C.; BARROS, G.T. Crescimento, produtividade e qualidade de processamento de tubérculos de batata produzidos sob alta disponibilidade de potássio. *Ciência Rural*, v.36, n.3, p.985-988. 2006.
- CORRÊA, R.M.; PINTO, J.E.B.; REIS, E.S.; PINTO, L.B.B.; BOTREL, P.P.; ROSADO, L.S. BERTOLUCCI, S.K. Número de plantas por vaso na produção de batata-semente. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, Suplemento CD-ROM. 2004.
- DANIELS, J.; SILVA, A.C.; SOUZA, Z.; SCHONS, J. Degenerescência de batata-semente básica após um ou dois períodos de cultivo. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.3, p.510-513. 2002.
- DANIELS, J.; PEREIRA, A.S.; FORTES, G.R.L. Verticalização da produção de batata-semente por produtores de agricultura familiar no Rio Grande do Sul. Pelotas: EMBRAPA clima temperado, 4p. (Comunicado Técnico). 2000.
- DAVENPORT, J.R.; BENTLEY, E.M. Does potassium fertilizer form, source and time of application influence potato yield and quality in the Columbia Basin. *American Potato Journal*, v.78, n.4, p.311-318. 2001.
- DUNN, E.E.; ROST, C.O. Effect of fertilizers on the composition of potatoes grown in the Red River Valley of Minnesota. *Soil Science Society Proceedings*, v. 13, p. 374-379. 1948.
- EL-SIRAFY Z. M.; ABBADY, K. A.; EL-GHAMRY, A. M.; EL-DISSOKY, R. A. Potato yield quality, quantity and profitability as affected by soil and foliar potassium application. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. v.4, n.6. p. 912-922. 2008.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives* (2nd edn), Sinauer Associates. 2005.
- FACTOR, T. L.; ARAUJO, J.A.C.; KAWAKAMI, F.P.C.; IUNCK, V. Produção de minitubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 1, p. 82-87. 2007.
- FAOSTAT - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2012. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 29 de mai de 2013.
- FARRAN, I.; MINGO-CASTEL, A.M. Potato minituber production using aeroponics: effect of plant density and harvesting intervals. *American Journal of Potato Research*, v.83, n.1, p.47-53. 2007.
- FAVORETTO, P. Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv. Atlantic. Dissertação de MS (Mestrado em Fitotecnia) – ESALQ – USP. 2005.

- FIERS, M. Origins of the blemishes of potato tubers : From the soil microbiology to the pedoclimatic environment. Universite de Bourgogne. 261p. 2010.
- FONTES, P.C.R. Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa: Arka editor. 296p. 2011.
- FONTES, P.C.R.; SAMPAIO JUNIOR, J. D.; MOREIRA, M.A.; GUIMARÃES, M. A.; PUIATTI, M.; LANI, E.R.G . Produção de mini-tubérculos de batata-semente em função de doses de nitrogênio aplicadas ao substrato. Horticultura Brasileira, v. 26, p. 116-120. 2008.
- FONTES, P.C.R.; ARAÚJO, C. Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro. Viçosa: Editora UFV, 148p. 2007.
- FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. Use of chlorophyll meter and plant visual aspect for nitrogen management in tomato fertigation. Journal of Applied Horticulture, Lucknow (Índia), v. 8, n.1, p. 8-11. 2006.
- FONTES, P.C.R. Cultura da batata. In: FONTES, P.C.R. (Ed) Olericultura: teoria e prática. Viçosa: UFV, p.323-343. 2005.
- FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 122 p. 2001.
- FONTES, P.C.R.; REIS JR, R.A.; PEREIRA, P.R.G. Critical potassium concentration and potassium/calcium plus magnesium ratio in potato petioles associated with maximum tuber yields. Journal of Plant Nutrition, v. 19, p. 657-667. 1996.
- FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT. Campinas, Instituto Agrônômico, (Boletim técnico, 168). 30p. 1998.
- GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. Horticultura brasileira, v.20. n. 4. p. 611-615. 2002.
- GIUSTO, A.B.; SILVA, E.C.; DIAS, J.A.C.; MACIEL, G.M. Produção de minitubérculos a partir de brotos de batata em diferentes combinações de substratos. Horticultura Brasileira, v.22, n. 2. p. 241-244. 2004.
- GOFFART, J. P.; OLIVIER, M.; FRANKINET, M. Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past-present-future. Potato Research, v. 51, n. 03/04, p. 355-383. 2008.
- GRIGORIADOU, K.; LEVENTAKIS, N. Large scale commercial production of potato minitubers, using in vitro techniques. v.42. n. 3/4. 1999. In: Potato Research. Anais. p. 607-610. 1999.

- GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H.; MONNERAT, P.H. Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. *Horticultura Brasileira*, v.16, n.2, p.144-151. 1998.
- HELAL, H.M.; K. MENGEL. Nitrogen metabolism of young barley plants as affected by NaCl salinity and potassium. *Plant Soil*, v. 15. p.457-462.1979.
- HOEL, B.O. Chlorophyll meter reading in winter wheat: cultivar differences and prediction of grain protein content. *Soil Plant Science*, v. 53, p. 147-157. 2003.
- HUBER, S.C. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: MUNSON, R.D. (ed.). *Potassium in Agriculture*. Madison: ASA, CSSA and SSA, p.369-391. 1985.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201205.pdf. Acesso em: 03 de jun de 2013.
- IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária. 2003. Disponível em: <http://www.ima.mg.gov.br/component/search/?searchword=batata&ordering=&searchphrase=all>. Acesso em: 8 jul de 2012.
- JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: JACKSON, M.L., ed. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, p.183-204. 1958.
- JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. *Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Georgia, USA: Micro-Macro, 183 p. 1991.
- KÄMPF, A.N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Ed. Agropecuária, Guaíba. 2000.
- LEVY, D.; VEILLEUX, R.E. Adaptation of potato to high temperatures and salinity: a review. *American Journal of Potato Research*, v.84, p.487-506. 2007.
- LOCASCIO, S.J.; BARTZ, J.A.; WEIGARTNER, D.D. Calcium and potassium fertilization of potato grown in North Florida I. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentration. *American Potato Journal*, Orono, v.69, n.2, p.95-104. 1992.
- MAIER, N.A. Potassium nutrition of irrigated potatoes in South Australia: 2. Effect on chemical composition and the prediction of tuber yield response by plant analysis. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 26, p. 727-736. 1986.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 32, de 20 de novembro de 2012.

- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 889 p. 1995.
- MARTÍNEZ, C.F.; ALVAREZ, J.R.D. Cultivos sin suelo. La Mojonera, Espanha: Instituto de Estudos Almerienses, FIAPA, 372 p. 1993.
- MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. Horticultura Brasileira, v. 20, n.1, p. 110-114. 2002.
- MENGEL, K. Potassium. In: Barker, A.V.; Pilbeam, D. J. (Eds). Handbook of Plant Nutrition. p.91-120. 2007.
- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.281-298. 2006.
- MILLS, H.A.; JONES, J.B. Plant Analysis handbook II. Athens, GA,USA, MicroMacro Publishing. 422p. 1996.
- MOBINI, S.H.; ISMAIL, M.R.; AROUIEE, H. Influence of ventilation and media on potato (*Solanum tuberosum* L.) tuberization and its growth characteristics. African Journal of Biotechnology, v.8, n.10, p. 2232-2241. 2009.
- MOINUDDIN; S. K.; BANSALA, S. K.; PASRICHA, N.S. Influence of graded levels of potassium fertilizer on growth, yield, and economic parameters of potato. Journal of Plant Nutrition, v.27, n.2, p.239-259. 2004.
- MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; A, R. F. Índices para avaliar o estado de nitrogênio da batata multiplicada por distintos materiais propagativos. Revista Ceres, v. 58, p. 384-392. 2011a.
- MOREIRA, M.A.; FONTES, P.C.R.; CECON, P. R.; ARAUJO, R.F. Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio de batata-semente básica. Acta Scientiarum Agronomy, v. 33, n. 2, p. 335-340. 2011b.
- MOREIRA, M.A. Características da planta e produção de batata-semente básica em substrato com diferentes materiais de propagação. Viçosa: UFV, 190p. (Tese de Doutorado em Fitotecnia). 2008.
- MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa; Fundação Iapar, p. 227-247. 1982.
- NOGALES, A.P.; RIVERA, R.C.; DUARTE, S.N. Lâminas de irrigação para produção de batata-semente em plântulas propagadas in vitro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v.6, n.3, p.409-413. 2002.
- NAVA G.; DECHEN, A.R.; IUCHI, V.L. Produção de tubérculos de batata-semente em função das adubações nitrogenada, fosfatada e potássica. Horticultura Brasileira, v.25, p.365-370. 2007.

- NUNES, J.C.S.; FONTES, P.C.R.; ARAUJO, E.F.; SEDYAMA, C. Potato plant growth and macronutrient uptake as affected by soil tillage and irrigation systems. *Pesquisa agropecuária brasileira*. v.41, n.12, p.1787-1792. 2006.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, M. K. T. Crescimento do meloeiro gália fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio e potássio. *Caatinga*, Mossoró-RN, v. 21, n. 3, p. 168-173. 2008.
- PANIQUE, E.; KELLING, K.A.; SCHULTE, E.E.; HERO, D.E.; STEVENSON, W.R.; JAMES, R.V. Potassium rate and source effects on potato yield, quality, and disease interaction. *American Potato Journal*, v.74, p.379-398. 1997.
- PARIDA, A.K.; DASA, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.60, n.3, p.324-349. 2005.
- PATEKOSKI, K. da S. Patogenicidade e controle biológico de *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. em variedades de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico. São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, 58p. (Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente). 2010.
- PAULA, A.L.; ANDRIOLO, J.L.; PAULA, F.L.M.; GODOI, R.S.; OLIVEIRA, V.R. Massa seca de plantas de batata em função de cinco doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.22, n. 2, p. 939-950. 2004.
- PERRENOUD, S. Potato: fertilizers for yield and quality. Bern: International Potash Institute, 94 p. 1993.
- PHILIP, J.W.; BROADLEY, M.R. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. *Annals of Botany*, v.88, n.6, p.967-988. 2001.
- REIS JÚNIOR, R.A.; MONNERAT, P.H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. *Horticultura Brasileira*, v.19, n.3, p.227-231. 2001.
- RHUE, R.D.; HENSEL, D.R.; KIDDER, G. Effect of K fertilization on yield and leaf nutrient concentrations of potatoes grown on a sandy soil. *American Potato Journal*, Orono, n. 63, p.665-81. 1986.
- RODRIGUES, M.A.; COUTINHO, J.; MARTINS, F.; ARROBAS, M. Quantitative sidedress nitrogen recommendations for potatoes based upon crop nutritional indices. *Europe Journal Agronomy*. v. 23, p.79–88. 2005.
- RODRIGUES, F.A.; FONTES, P.C.R.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G. Nível crítico do índice SPAD na folha da batateira, em solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, v. 18, p. 764-765. 2000.

- ROMHEL, V.; KIRKBY, E.A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*, v.335, n1/2, p.155–180. 2010.
- RONCHI, C. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; NUNES, J. C. S.; MARTINEZ, H. E. P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. *Revista Ceres*, v. 49, n. 278, p. 469-484. 2001.
- SAEG – Sistema para análises estatísticas, versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV – Viçosa. 2007.
- SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N.; FALLON, E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy Journal*, v.101, p.800-816. 2009.
- SHAHID, U.; MOINUDDIN, S. N. Effect of sources and rates of potassium application on potato yield and economic returns. *Better Crops International*, v.15, n.1, p.13-15. 2001.
- SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; MIRANDO, G.V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. *Horticultura brasileira*. v. 27, p. 17-22. 2009.
- SILVA FILHO, J.B.S. Índices de nitrogênio na planta e produtividade de tubérculos de batata-semente em sistema hidropônico de três fases. Viçosa: UFV, 90p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia). 2011.
- SINGH, S.K.; LAL, S.S. Effect of potassium nutrition on potato yield, quality and nutrient use efficiency under varied levels of nitrogen application. *Potato Journal*, v.39, n.2, p.155-165. 2012.
- SOUZA, C.B.S.; FONTES, P.C.R.; MOREIRA, M.A.; PUIATTI, M.; MARTINEZ, H.E.P.; ARAÚJO, R.F. Production of basic potato seed minitubers in substrate an different nitrogen rates. *Revista Ceres*. Viçosa. v.59, n.6, p. 850-858. 2012.
- SOUZA, C.B.S. Produção de minitubérculos de batata-semente básica em vaso e hidroponia, em função de doses de nitrogênio. Viçosa: UFV, 98p. (Dissertação de Mestrado em Fitotecnia). 2009.
- SPANER, D.; TODD, A.G.; NAVABI, T.A.; CKENZIE, D.B.; GOONEWARDENE, L.A. Can leaf chlorophyll measures at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in eastern Canada? *Journal Agronomy and Crop Science*, v. 191, n.5, p. 393-399. 2005.
- STRUJK, P.C. The canon of potato science: Minitubers. *Potato Research*, v.50, n. 3/4, p.305-308. 2007.
- SZCZERBA; M.W.; BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. Rapid, futile K+ cycling and pool-size dynamics define low-affinity potassium transport in barley. *Plant Physiology*. v.141, p.1494–1507. 2006.

- TREHAN, S.P.; PANDEY, S.K.; BANSAL, S.K. I Potassium Nutrition of the Potato Crop - the Indian Scenario. The International Potash Institute. n. 19. 9p. 2009.
- WALLACE, T. The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms. Published by His Majesty's Stationary Office. p. 116. 1943.
- WALLINGFORD, W. Functions of potassium in plants. In: Potash & Posphate Institute. A situation analysis. Atlanta: PPI, p.28-66. 1980.
- WAN, W.; CAO, W.; TIBBITTS, T.W. Tuber initiationin hidroponically grown p otatoes by alteration of solution pH. HortScience, n. 29, v. 06, p. 621-623. 1994.
- WESTERMANN, D.T.; TINDALL, T.A.; JAMES, D.W.; HURST, T.R.L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. American Potato Journal, v. 71, p. 417-432. 1994a.
- WESTERMANN, D.T.; JAMES, D.W.; TINDALL, T.A.; HURST, T.R.L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. American Potato Journal, v. 71, p. 433-454. 1994b.
- WHEELER, R.M.; MACKOWIAK, J.C.S.; KNOTT, W.M.; HINKLE, R. Potato growth and yield using nutrient filme technique NFT. American Potato Journal, Alexandria, v. 6, p. 177-187. 1990.
- WU, J.; WANG. D.; ROSEN, C.J.; BAUER, M.E. Comparison of petiole nitrate concentrations, SPAD chlorophyll readings, and QuickBird satellite imagery in detecting nitrogen status of potato canopies. Field Crops Research, v. 101 p.96-103. 2007.
- YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. HortScience, v. 21, n.6, p.1449-1450. 1986.

APÊNDICE A

Tabela 1A – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o índice SPAD, balanço de nitrogênio (NBI), clorofila (CHL), flavonóides (FLV), número de folíolos (Nfo), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e massa da matéria seca (MS) da quarta folha aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)							
		SPAD	NBI	CHL	FLV	Nfo	AF	MF	MS
Bloco	3	27,2938	68,7900	10,9773	0,01305333	0,8500	81,51	0,05802	0,000678
Dose de K	4	22,9542 ^{ns}	50,2812 ^{ns}	23,6787 ^{ns}	0,00058250 ^{ns}	0,5500 ^{ns}	1330,93 ^{ns}	1,920776 ^{ns}	0,0110321**
Resíduo	12	12,4576	75,4162	16,4011	0,00194917	0,6833	48,56	0,050875	0,000652
CV (%)		6,92	13,79	10,52	7,17	20,93	10,76	11,14	16,46

** F significativo a 1% de probabilidade; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 2A – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o nitrato na seiva (NO₃), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) na quarta folha aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)						
		NO ₃	N	K	Ca	Mg	P	S
Bloco	3	0,310580	0,439992	2,138378	0,161530	0,672840	0,05215170	0,001338
Dose de K	4	1,494318*	0,402192 ^{ns}	3,807718***	0,770325**	1,133355***	0,18631750**	0,026320***
Resíduo	12	0,371384	0,692696	1,480891	0,115160	0,384315	0,02221420	0,008430
CV (%)		17,91	13,63	18,37	12,61	16,93	20,83	27,53

** , * e ***, F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 3A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo de nitrogênio (QN), potássio (QK), cálcio (QCa), magnésio (QMg), fósforo (QP) e enxofre (QS) na quarta folha aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)					
		QN	QK	QCa	QMg	QP	QS
Bloco	3	0,0000082341	0,0000069032	0,0000003853	0,0000018659	0,0000000892	0,000000005334
Dose de K	4	0,0000244141 ^{ns}	0,0000251505 ^{**}	0,0000032367 ^{ns}	0,0000012313 ^{ns}	0,0000001711 ^{***}	0,000000021677 ^{***}
Resíduo	12	0,0000048186	0,0000046998	0,0000023824	0,0000012907	0,0000000554	0,000000008811
CV (%)		26,03	24,34	40,41	37,01	38,69	34,29

** e ***, F significativo a 1 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 4A – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o comprimento da haste (CH), número de hastes (NH), número de folhas (NF), massas da matéria fresca (MF) e massas da matéria seca (MS) de folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)									
		CH	NH	NF	MFF	MFH	MFR	MSF	MSH	MSR	MSPI
Bloco	3	0,170510	0,3166	0,9333	1,731390	1,3142	2,4247	0,094500	0,005330	0,001480	0,182380
Dose de K	4	6,643958 ^{**}	0,2000 ^{ns}	2,1750 ^{ns}	2,132831 ^{ns}	24,0174 ^{ns}	65,0073 ^{**}	5,542194 ^{**}	0,018212 ^{**}	0,29697340 ^{**}	9,831045 ^{**}
Resíduo	12	1,305290	0,2333	17,7000	5,976180	0,6062	9,6290	0,251440	0,004300	0,012600	0,378170
CV (%)		17,97	35,78	16,87	10,02	10,14	26,05	13,46	13,59	16,24	12,16

** e * F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 5A – Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)								
		KF	KH	KR	CaF	CaH	CaR	MgF	MgH	MgR
Bloco	3	0,443698	3,1912	0,3713	0,879327	0,174405	1,368978	0,123805	0,235165	0,033605
Dose de K	4	2,321593**	13,4299*	2,9151**	0,573207 ^{ns}	1,515920**	1,896675 ^{ns}	1,074693 ^{ns}	1,124618*	0,442167 ^{ns}
Resíduo	12	0,253520	3,3806	0,2458	0,623950	0,235680	0,800510	0,446990	0,234440	0,238730
CV (%)		8,61	19,50	11,75	12,29	8,60	14,37	27,23	25,02	17,24

** e * F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 6A – Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)					
		PF	PH	PR	SF	SH	SR
Bloco	3	0,009765	0,021660	0,116258	0,138885	0,053658	0,014033
Dose de K	4	0,004592 ^{ns}	0,039342 ^{ns}	0,149282 ^{ns}	0,202532 ^{ns}	0,198332**	0,019282 ^{ns}
Resíduo	12	0,004286	0,028022	0,107460	0,166472	0,037712	0,018300
CV (%)		10,64	35,39	36,89	28,40	25,94	13,41

** F significativo a 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 7A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo de potássio (QK), cálcio (QCa) e magnésio (QMg) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)								
		QKF	QKH	QKR	QCaF	QCaH	QCaR	QMgF	QMgH	QMgR
Bloco	3	0,005496	0,000369	0,000084	0,011824	0,000129	0,000277	0,000090	0,00000287	0,00003122
Dose de K	4	0,007337 ^{ns}	0,000453 ^{ns}	0,000052 ^{ns}	0,017974 ^{ns}	0,000253 ^{ns}	0,000663 ^{***}	0,005243 ^{**}	0,00009223 ^{**}	0,00016718 [*]
Resíduo	12	0,003385	0,000236	0,000059	0,007492	0,000115	0,000243	0,000737	0,00000690	0,00004438
CV (%)		31,65	36,96	32,79	40,40	41,47	41,96	27,40	22,99	38,05

** , * e ***, F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 8A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo de fósforo (QP) e enxofre (QS) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)					
		QPF	QPH	QPR	QSF	QSH	QSR
Bloco	3	0,00002933	0,0000008487	0,0000076673	0,001014	0,0000019941	0,00001057
Dose de K	4	0,00013344 ^{***}	0,0000016145 ^{ns}	0,0000168155 [*]	0,001071 ^{ns}	0,0000012151 ^{ns}	0,00002602 ^{**}
Resíduo	12	0,00005020	0,0000007262	0,0000038132	0,000369	0,0000016356	0,00000435
CV (%)		35,13	40,77	37,77	40,06	41,34	34,10

** , * e ***, F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 9A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo na planta inteira de potássio (QKPI), cálcio (QCaPI), magnésio (QMgPI), fósforo (QPPI) e enxofre (QSPI) aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)				
		QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
Bloco	3	0,01036345	0,01829822	0,00190117	0,0001403210	0,00135453
Dose de K	4	0,01292513 ^{ns}	0,02940145 ^{ns}	0,00553164 ^{ns}	0,0002435538 ^{***}	0,00149999 ^{***}
Resíduo	12	0,00582124	0,01241391	0,0026263	0,0000786417	0,0004896
CV (%)		29,58	39,64	44,50	31,12	38,19

***, F significativo a 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 10A – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o número de tubérculos (NT), massa da matéria de tubérculos frescos (MFT), massas da matéria de tubérculos secos (MST), massas das matérias de folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) secas na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)						
		NT	MFT	MST	MSF	MSH	MSR	MSPI
Bloco	3	12,941670	1873,1330	9,084302	2,296877	0,01265184	0,0000915167	20,8241
Dose de K	4	47,825000 ^{**}	15723,1300 ^{ns}	6,548913 ^{**}	2,604843 ^{***}	0,15248640 ^{**}	0,0040204250 ^{**}	16,5570 ^{**}
Resíduo	12	5,733333	507,2583	1,019694	0,882093	0,01553046	0,0000488917	2,8906
CV (%)		18,56	10,08	13,92	19,78	12,77	7,52	13,01

, * e *, F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 11A – Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas (F), haste (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)											
		KF	KH	KR	KT	CaF	CaH	CaR	CaT	MgF	MgH	MgR	MgT
Bloco	3	0,4855	1,9683	0,0625	0,111560	0,013258	0,1968	0,159713	0,012072	1,0446	1,588003	0,0404	0,0026
Dose de K	4	1,8661 ^{ns}	10,4360*	0,3066**	0,159155 ^{ns}	0,010720 ^{ns}	0,4420 ^{ns}	0,160032 ^{ns}	0,011192 ^{ns}	0,5915 ^{ns}	0,683687 ^{ns}	0,0078 ^{ns}	0,0053 ^{ns}
Resíduo	12	1,0199	2,8556	0,0566	0,117185	0,018083	0,3419	0,505895	0,018436	0,302	0,39162	0,0219	0,0308
CV (%)		19,99	28,27	22,42	14,08	13,29	6,81	11,66	13,40	20,13	21,11	8,54	14,18

** e * F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 12A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), haste (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)									
		PF	PH	PR	PT	SF	SH	SR	ST		
Bloco	3	0,00371333	0,001760	0,043258	0,005600	0,137413	0,046307	0,078573	0,005053		
Dose de K	4	0,00646250 ^{ns}	0,004407***	0,023380 ^{ns}	0,003767***	0,133095 ^{ns}	2,921033**	0,056170 ^{ns}	0,000707 ^{ns}		
Resíduo	12	0,00280917	0,001514	0,012750	0,001501	0,160855	0,092469	0,023707	0,000991		
CV (%)		17,97	18,18	25,06	8,04	23,54	25,68	23,47	19,19		

, * e *, F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 13A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os conteúdos de potássio (QK), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (QS) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)											
		QKF	QKH	QKR	QKT	QCaF	QCaH	QCaR	QCaT	QMgF	QMgH	QMgR	QMgT
Bloco	3	0,005844	0,00004	0,00000013	0,00459798	0,000329	0,00018157	0,00000043	0,00118127	0,00531038	0,000005	0,00000008	0,001271
Dose de K	4	0,0010 ^{NS}	0,000423 ^{NS}	0,00000094**	0,00538427 ^{NS}	0,000319 ^{NS}	0,00113055 ^{NS}	0,00001428**	0,00111543*	0,00531862*	0,000009*	0,00000117**	0,001099***
Resíduo	12	0,006156	0,000374	0,00000005	0,00292439	0,000135	0,0004969	0,00000046	0,0035842	0,00161561	0,000002	0,00000003	0,0004
CV (%)		33,24	39,261	22,38	33,43	24,06	27,76	12,054	26,863	29,912	32,47	10,637	23,95

Tabela 14A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os conteúdos de fósforo (QP) e enxofre (QS) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)									
		QPF	QPH	QPR	QPT	QSF	QSH	QSR	QST		
Bloco	3	0,0000081713	0,0000003582	0,0000000496	0,00014292	0,00083176	0,00000004	0,0000000870	0,000000007316		
Dose de K	4	0,0000095540 ^{NS}	0,0000013310 ^{NS}	0,0000000967**	0,00026480**	0,00150690 ^{NS}	0,00000365**	0,0000041092**	0,000000000083 ^{NS}		
Resíduo	12	0,000008959	0,0000007381	1,000000002	0,00004946	0,0010034	0,00000019	0,0000001222	0,000000001285		
CV (%)		22,12	39,61	26,07	21,16	38,02	36,33	30,46	20,60		

** , * e ***, F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo

Tabela 15A - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os conteúdos na planta inteira de potássio (QKPI), cálcio (QCaPI), magnésio (QMgPI), fósforo (QPPI) e enxofre (QSPI) na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)				
		QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
Bloco	3	0,02495888	0,00551557	0,00971927	0,00014904	0,00123423
Dose de K	4	0,00787043 ^{ns}	0,00727355 ^{***}	0,01235072*	0,00037352 ^{**}	0,00224499 ^{ns}
Resíduo	12	0,01678463	0,00235154	0,0026915	0,0000667	0,00215644
CV (%)		27,44	17,19	20,82	14,84	39,59

^{**}, ^{*} e ^{***}, F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – F não significativo

Tabela 16A – Média dos valores observados para o índice SPAD, NBI, clorofila (CHL), flavonóides (FLV), número de folíolos (NFo), nitrato na seiva (NO₃), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF), massa da matéria seca (MS), conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) da quarta folha aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

DOSE K	SPAD	NBI	CHL	FLV	NFo	NO ₃	N	K	Ca	Mg	P	S	AF	MF	MS	QN	QK	Qca	QMg	QP	QS
	VR*	VR*	VR*	VR*	ud	mg L ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	cm ²	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF
0	53.65	68.70	41.70	0.61	4.00	35.25	5,99	5,39	2,37	3,31	0,63	0,31	53,72	1,37	0,13	0,0075	0,0068	0,0037	0,0025	0,0005	0,00025
660	49.12	59.40	35.45	0.60	4.50	41.25	5,91	7,1	2,38	3,12	0,69	0,47	78,42	2,37	0,18	0,0087	0,0102	0,0027	0,0025	0,00056	0,00038
1320	52.02	62.25	39.12	0.63	4.00	31.00	5,83	5,88	2,51	4,09	0,63	0,35	79,8	2,72	0,21	0,0122	0,0123	0,0052	0,0038	0,00058	0,00031
1980	47.90	60.97	36.80	0.61	3.75	25.32	6,16	6,94	3,42	3,43	1,09	0,28	73,75	2,46	0,18	0,0084	0,0089	0,0038	0,0031	0,00096	0,00024
2640	52.32	63.42	39.42	0.62	3.50	37.32	6,63	7,81	2,78	4,36	0,54	0,27	38,01	1,19	0,08	0,0054	0,0062	0,0036	0,0035	0,00044	0,00019

*VR = valor relativo, sem unidade.

Tabela 17A - Média dos valores observados para o comprimento da haste (CH), número de haste (NH), número de folhas (NF), massas da matéria fresca (MF) e massas da matéria seca (MS) de folhas (F), hastes (H), raízes (R), planta inteira (PI), teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

DOSE K	CH	NH	NF	MFF	MFH	MFR	MSF	MSH	MSR	MSPI	KF	KH	KR	CaF	CaH	CaR	MgF	MgH	MgR	PF	PH	PR	SF	SH	SR
	cm	ud/planta	ud/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹
0	7,83	1,25	8,00	44,37	6,70	16,14	4,73	0,44	1,02	6,31	5,22	7,25	3,25	6,17	6,11	6,11	1,79	2,76	2,38	0,61	0,48	0,81	1,59	0,69	1,07
660	7,57	1,75	7,50	54,34	10,26	16,22	4,91	0,67	0,94	6,70	5,15	8,09	3,64	6,82	5,51	6,40	2,82	1,31	2,90	0,58	0,33	0,73	1,70	0,69	1,05
1320	5,77	1,25	7,25	9,28	9,28	10,68	3,85	0,58	0,61	5,25	5,68	9,35	4,07	6,73	5,48	5,43	2,94	1,73	2,75	0,62	0,49	1,19	1,12	0,54	1,05
1980	5,77	1,25	6,00	8,15	8,15	8,63	3,04	0,41	0,47	4,11	6,19	11,70	4,73	5,92	4,78	7,28	2,71	1,85	3,31	0,59	0,45	0,74	1,35	0,68	0,94
2640	4,83	1,25	7,25	5,82	3,99	7,88	2,10	0,31	0,42	2,91	6,98	10,74	5,39	6,49	6,35	5,91	2,01	2,02	2,84	0,67	0,61	0,97	1,42	1,13	0,93

Tabela 18A – Média dos valores observados para os conteúdos de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) e conteúdo na planta inteira de potássio (QKPI), cálcio (QCaPI), magnésio (QMgPI), fósforo (QPPI) e enxofre (QSPI) expressos em g/planta, aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) no substrato.

DOSE K	QKF	QKH	QKR	QCaH	QCaR	QMgF	QMgH	QMgR	QPF	QPH	QPR	QSF	QSH	QSR	QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
0	0,20	0,04	0,03	0,03	0,05	0,09	0,018	0,024	0,023	0,002	0,68	0,07	0,004	0,009	0,28	0,33	0,12	0,03	0,08
660	0,20	0,04	0,02	0,03	0,05	0,14	0,014	0,023	0,022	0,002	0,58	0,06	0,003	0,007	0,27	0,35	0,15	0,03	0,07
1320	0,22	0,05	0,02	0,03	0,03	0,12	0,010	0,017	0,026	0,003	0,72	0,04	0,003	0,006	0,31	0,33	0,14	0,03	0,05
1980	0,19	0,05	0,02	0,02	0,03	0,09	0,008	0,015	0,018	0,002	0,35	0,04	0,003	0,004	0,27	0,24	0,11	0,03	0,05
2640	0,11	0,03	0,02	0,01	0,02	0,05	0,007	0,008	0,011	0,001	0,26	0,03	0,002	0,003	0,16	0,15	0,05	0,01	0,03

Tabela 19A – Média dos valores observados para o número de tubérculos (NT), massa da matéria de tubérculos frescos (MFT), massas da matéria de tubérculos secos (MST), massa da matéria seca de folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

DOSE K	NT	MFT	MST	MSF	MSH	MSR	MSPI
	ud/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta
0	18,00	313,25	7,96	4,96	0,88	0,04	13,84
660	13,00	248,50	8,95	5,47	0,92	0,10	15,44
1320	12,50	222,75	7,05	5,38	1,05	0,11	13,59
1980	8,25	183,00	6,76	4,41	1,27	0,11	12,55
2640	12,75	150,00	5,56	3,51	0,76	0,11	9,93

Tabela 20A – Média dos valores observados para os teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) expressos em dag kg^{-1} , na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato.

DOSE K	KF	KH	KR	KT	PF	PH	PR	PT	CaF	CaH	CaR	CaT	MgF	MgH	MgR	MgT	SF	SH	SR	ST
0	5,24	3,96	0,91	2,17	0,26	0,19	0,48	0,50	0,93	8,43	6,30	0,93	2,75	2,47	1,78	1,25	1,61	0,83	0,86	0,16
660	4,31	5,08	0,78	2,38	0,28	0,21	0,41	0,48	1,05	8,09	6,09	1,05	3,30	3,20	1,66	1,20	1,78	1,00	0,61	0,18
1320	4,65	6,10	0,95	2,41	0,27	0,18	0,36	0,46	1,04	8,68	6,19	1,04	2,81	2,90	1,73	1,22	1,89	0,81	0,64	0,17
1980	4,95	6,46	1,19	2,73	0,30	0,26	0,43	0,44	1,04	8,87	5,77	1,05	2,52	2,72	1,74	1,29	1,80	0,59	0,61	0,15
2640	6,10	8,28	1,48	2,47	0,36	0,22	0,56	0,52	0,99	8,87	6,15	0,99	2,27	3,53	1,75	1,22	1,43	2,69	0,55	0,15

Tabela 21A - Média dos valores observados para conteúdo de potássio (QK), cálcio (QCa), magnésio (QMg), fósforo (QP) e enxofre (QS) das folhas (F), haste (H), raízes (R), tubérculos (T) expressos em g/planta, na colheita em função de doses de potássio (K) no substrato

DOSE K	QKF	QKH	QKR	QKT	QCaF	QCaH	QCaR	QCaT	QMgF	QMgH	QMgR	QMgT	QPF	QPH	QPR	QPT	QSF	QSH	QSR	QST
0	0,25	0,04	0,0003	0,1725	0,05	0,08	0,002	0,07	0,14	0,005	0,0006	0,10	0,013	0,0016	0,0002	0,04	0,08	0,0005	0,0003	0,0002
660	0,24	0,05	0,0008	0,2131	0,06	0,08	0,006	0,09	0,18	0,005	0,0017	0,11	0,015	0,0020	0,0004	0,04	0,10	0,0011	0,0010	0,0002
1320	0,25	0,06	0,0010	0,1691	0,05	0,08	0,006	0,07	0,15	0,005	0,0018	0,08	0,014	0,0023	0,0004	0,03	0,10	0,0008	0,0009	0,0002
1980	0,23	0,06	0,0013	0,1180	0,04	0,10	0,006	0,05	0,11	0,005	0,0019	0,07	0,013	0,0031	0,0005	0,02	0,08	0,0006	0,0006	0,0002
2640	0,21	0,04	0,0016	0,1361	0,03	0,05	0,006	0,05	0,08	0,002	0,0019	0,07	0,011	0,0018	0,0006	0,03	0,05	0,0003	0,0029	0,0001

Tabela 22A - Média dos valores observados para conteúdo na planta inteira de potássio (QKPI), cálcio (QCaPI), magnésio (QMgPI), fósforo (QPPI) e enxofre (QSPI) expressos em g/planta, na colheita função de doses de potássio (K) no substrato.

DOSE K	QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
0	0,48	0,32	0,27	0,06	0,12
660	0,53	0,32	0,32	0,07	0,14
1320	0,49	0,29	0,26	0,05	0,14
1980	0,43	0,26	0,21	0,04	0,11
2640	0,42	0,22	0,18	0,05	0,08

APÊNDICE B

Tabela 1B – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o índice SPAD, balanço de nitrogênio (NBI), clorofila (CHL), flavonóides (FLV), número de folíolos (NFo), comprimento (C), largura (L), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e massa da matéria seca (MS) da quarta folha aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)									
		SPAD	NBI	CHL	FLV	NFo	C	L	AF	MF	MS
Bloco	3	10,5993	41,5552	3,0618	0,012833	3,25	7,6085	1,000667	685,4601	1,067024	0,006909
Dose de K	4	158,8580**	92,0792 ^{ns}	189,1955**	0,015770 ^{ns}	7,80**	36,3370**	1,604500 ^{ns}	377,4443 ^{ns}	1,016666 ^{ns}	0,004204 ^{ns}
Resíduo	12	6,2843	49,8772	3,0952	0,008750	1,00	4,8510	1,174833	300,9837	0,466914	0,003588
CV (%)		5,29	13,38	4,42	12,32	15,27	16,33	14,24	30,06	29,86	26,77

** F significativo a 1% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 2B – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o nitrato na seiva (NO₃), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) na quarta folha aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)							
		NO ₃	N	K	Ca	Mg	P	S	
Bloco	3	0,001830	0,030430	0,579070	0,019370	0,763940	0,000990	0,00001732	
Dose de K	4	0,044500*	0,652107**	18,096260**	0,141020**	1,422643 ^{ns}	0,031570**	0,00008033 ^{ns}	
Resíduo	12	0,011830	0,073080	0,784170	0,034300	1,804690	0,005090	0,00003527	
CV (%)		7,32	4,57	17,90	13,26	46,73	8,51	10,18	

** e *, F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 3B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo de nitrogênio (QN), potássio (QK), cálcio (QCa), magnésio (QMg), fósforo (QP) e enxofre (QS) na quarta folha aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)					
		QN	QK	QCa	QMg	QP	QS
Bloco	3	0,00002036	0,00003104	0,0000006473	0,0000006893	0,0000004273	0,0000000017
Dose de K	4	0,00000662 ^{ns}	0,00011772 ^{**}	0,0000001167 ^{ns}	0,0000025230 ^{ns}	0,0000006582 [*]	0,0000000080 ^{ns}
Resíduo	12	0,00000984	0,00001765	0,0000017061	0,0000058560	0,0000001869	0,0000000035
CV (%)		23,98	36,23	38,08	39,54	22,87	10,18

** e *, F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 4B – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o comprimento da haste (CH), número de hastes (NH), número de folhas (NF), massas da matéria fresca (MF) e massas da matéria seca (MS) de folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)									
		CH	NH	NF	MFF	MFH	MFR	MSF	MSH	MSR	MSPI
Bloco	3	3,8140	0,0667	8,0000	54,0736	3,352896	26,3071	0,501819	0,011377	0,013304	0,681760
Dose de K	4	54,7850 ^{**}	0,8000 ^{ns}	106,6750 [*]	974,5061 ^{**}	44,195170 ^{**}	138,3731 ^{**}	7,504384 ^{**}	0,173344 ^{**}	0,55466360 ^{**}	15,587740 ^{**}
Resíduo	12	3,4973	0,5667	27,7083	63,0414	5,089967	16,1105	0,649844	0,019386	0,087862	1,496576
CV (%)		9,57	44,28	32,49	22,40	26,26	28,05	23,10	24,70	33,31	23,68

** e *, F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 5B – Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)								
		KF	KH	KR	CaF	CaH	CaR	MgF	MgH	MgR
Bloco	3	0,565633	4,562613	4,451633	2,677907	2,977479	5,412578	0,319978	1,519658	0,334578
Dose de K	4	18,005640**	20,93605*	1,757458*	15,927320**	21,981750**	7,207357*	1,646457***	2,304367ns	10,216030**
Resíduo	12	0,263121	4,972138	0,551187	2,483548	2,192715	1,652991	0,576024	1,041888	0,454799
CV (%)		9,42	24,79	16,25	36,99	23,61	47,47	28,33	48,59	22,81

** e *** F significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 6B – Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)					
		PF	PH	PR	SF	SH	SR
Bloco	3	0,002218	0,005832	0,014567	0,0000021014	0,0000033641	0,0000455204
Dose de K	4	0,002655 ^{ns}	0,004157 ^{ns}	0,089817**	0,0000042454*	0,0000144514 ^{ns}	0,0000401024 ^{ns}
Resíduo	12	0,009818	0,003094	0,018671	0,0000010657	0,0000101254	0,0000246497
CV (%)		11,93	9,29	17,68	17,95	37,95	29,91

** e *, F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 7B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo de potássio (QK), cálcio (QCa) e magnésio (QMg) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)								
		QKF	QKH	QKR	QCaF	QCaH	QCaR	QMgF	QMgH	QMgR
Bloco	3	0,00240918	0,00026347	0,00049266	0,00558254	0,00002701	0,000733	0,001355	0,00001257	0,00004528
Dose de K	4	0,04689315**	0,00230807**	0,00156475**	0,04745318**	0,00022651 ^{ns}	0,00157383**	0,00660481 ^{ns}	0,00001808 ^{ns}	0,00022169 ^{ns}
Resíduo	12	0,00213469	0,00031394	0,00017643	0,00777125	0,00009632	0,000289	0,000778	0,00002341	0,00013612
CV (%)		21,87	34,25	31,36	53,55	31,58	66,44	30,58	46,48	52,58

** F significativo a 1% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 8B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo de fósforo nas folhas (QP) e enxofre nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)					
		QPF	QPH	QPR	QSF	QSH	QSR
Bloco	3	0,00003776	0,00000128	0,00000388	0,000000000210	0,00000000033641	0,000000004552
Dose de K	4	0,00050973**	0,00000717*	0,00003002**	0,000000000424*	0,00000000144514 ^{ns}	0,000000004010 ^{ns}
Resíduo	12	0,00004499	0,00000191	0,00000551	0,000000000106	0,00000000121505	0,000000002465
CV (%)		23,08	41,33	35,83	17,95	37,90	29,91

** e *, F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 9B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para conteúdo na planta inteira de potássio (QKPI), cálcio (QCaPI), magnésio (QMgPI), fósforo (QPPI) e enxofre (QSPI) aos 21 DAE em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)				
		QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
Bloco	3	0,00850945	0,00850681	0,00151712	0,00004468	0,000000001564
Dose de K	4	0,09822482**	0,06331856**	0,00817350**	0,00096438**	0,000000011570 ^{ns}
Resíduo	12	0,00545706	0,00895036	0,00121253	0,00009462	0,000000007770
CV (%)		23,13	42,10	26,80	23,75	9,89

** F significativo a 1% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 10B – Resumo da análise de variância (ANOVA) para o número de tubérculos (NT), massa da matéria de tubérculos frescos (MFT), massas da matéria de tuberculoso sec (MST), folhas (MSF), hastes (MSH), raízes (MSR) e planta inteira (MSPI) na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)						
		NT	MFT	MST	MSF	MSH	MSR	MSPI
Bloco	3	86,2667	23333,03	619,5303	59,3243	11,4960	7,631858	1050,7660
Dose de K	4	1038,2000**	234815,60**	17918,9200**	1624,6520**	175,8613**	351,296300**	33114,3600**
Resíduo	12	213,4333	11814,99	1172,1910	38,9378	4,4031	10,880040	1392,7700
CV (%)		49,36	25,52	57,28	15,59	22,04	35,80	31,49

** . F significativo a 1% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 11B – Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)											
		KF	KH	KR	KT	CaF	CaH	CaR	CaT	MgF	MgH	MgR	MgT
Bloco	3	0,3440	0,118386	0,116626	0,03270	5,352720	7,0142	3,2087	0,0049	0,061526	0,748873	0,270018	0,012525
Dose de K	4	38,3852**	22,556050**	0,388720**	0,7512**	74,242570**	23,9471**	45,3752**	0,0233 ^{ns}	0,982482**	3,820308*	9,355143**	0,066362 ^{ns}
Resíduo	12	0,1275	0,642287	0,041610	0,0300	2,9324	3,2245	1,8761	0,0236	0,160789	0,946627	0,250006	0,051062
CV (%)		7,41	23,23	31,67	9,44	17,33	23,55	16,85	11,64	17,83	34,03	18,86	12,13

** e *, F significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 12B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores de fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)							
		PF	PH	PR	PT	SF	SH	SR	ST
Bloco	3	0,02191167	0,008733	0,274565	0,008433	0,000221	0,0000311685	0,0000073937	0,0000003697
Dose de K	4	0,05196750 ^{ns}	0,098762**	0,308530**	0,017642 ^{ns}	0,00104338**	0,0000493079***	0,0000908726**	0,0000027228**
Resíduo	12	0,02492417	0,008762	0,058323	0,008062	0,000167	0,0000162847	0,0000097608	0,0000003571
CV (%)		37,19	22,83	45,10	17,85	42,67	34,24	36,72	17,15

** e ***, F significativo a 1 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 13B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os conteúdos de potássio (QK), cálcio (QCa) e magnésio (QMg) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)											
		QKF	QKH	QKR	QKT	QCaF	QCaH	QCaR	QCaT	QMgF	QMgH	QMgR	QMgT
Bloco	3	0,077463	0,024294	0,011004	0,546029	5,233197	0,107962	0,335428	0,1217	0,063619	0,007025	0,040556	0,456798
Dose de K	4	11,601010**	0,423722**	0,009223*	7,286000**	23,351800**	0,476270**	0,814500**	2,607440**	0,820546**	0,056744**	0,069113**	6,449980**
Resíduo	12	0,229964	0,020260	0,002578	1,039284	1,733340	0,033983	0,121941	0,373672	0,054828	0,006714	0,016381	1,2478
CV (%)		19,98	36,15	80,30	66,47	30,13	32,12	59,85	62,84	25,83	40,44	71,67	78,37

** e ***, F significativo a 1 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 14B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os conteúdos de fósforo (QP) e enxofre (QS) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)									
		QPF	QPH	QPR	QPT	QSF	QSH	QSR	QST		
Bloco	3	0,002995	0,000312	0,001424	0,020594	0,0000000221	0,000000003117	0,000000002042	0,000000000473		
Dose de K	4	0,039200**	0,003260**	0,005236**	0,326413**	0,0000001043**	0,000000004931***	0,000000002822 ^{ns}	0,000000001610 ^{ns}		
Resíduo	12	0,002465	0,000248	0,000588	0,060188	0,0000000167	0,000000001628	0,00000000021	0,000000000899		
CV (%)		26,47	37,20	52,36	69,48	42,67	34,24	75,57	69,02		

** e ***, F significativo a 1 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 15B - Resumo da análise de variância (ANOVA) para os conteúdos na planta inteira de potássio (QKPI), cálcio (QCaPI), magnésio (QMgPI), fósforo (QPPI) e enxofre (QSPI) na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

F.V	GL	Quadrados médios (significâncias)				
		QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
Bloco	3	1,309194	11,096340	1,151871	0,046724	0,000000047321
Dose de K	4	41,811590**	49,682330**	12,374610**	0,668740**	0,000000061450 ^{ns}
Resíduo	12	1,936851	3,538032	1,505425	0,077682	0,000000026408
CV (%)		31,57	28,94	45,22	44,29	31,48

** e ***, F significativo a 1 e 10% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo quando maior que 10% de probabilidade

Tabela 16B – Média dos valores observados para o índice SPAD, NBI, clorofila (CHL), flavonóides (FLV), número de folíolos (NFo), comprimento (C), nitrato na seiva (NO₃), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF), massa da matéria seca (MS) e conteúdo de nitrogênio (QN), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) da quarta folha aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	SPAD	NBI	CHL	FLV	NFo	C	NO ₃	N	K	Ca	Mg	P	S	AF	MF	MS	QN	QK	QCa	QMg	QP	QS
	VR*	VR*	VR*	VR*	ud	cm	mg L ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	dag kg ⁻¹	cm ²	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF	g/QF
0,0	58,37	61,05	52,05	0,86	4,25	8,50	1,65	6,60	1,38	1,68	3,15	0,71	0,065	43,83	1,48	0,17	0,011	0,002	0,004	0,006	0,001	0,0006
2,5	46,82	50,82	37,6	0,75	7,00	12,85	1,52	5,76	4,96	1,16	2,58	0,89	0,055	55,46	2,33	0,23	0,013	0,011	0,003	0,006	0,002	0,0005
5,0	43,90	48,57	36,3	0,75	8,00	14,75	1,45	5,80	5,68	1,35	2,25	0,91	0,061	70,52	2,87	0,26	0,015	0,015	0,003	0,006	0,002	0,0006
7,5	44,57	52,00	36,97	0,72	7,00	15,65	1,40	5,87	5,71	1,41	2,62	0,91	0,054	57,10	2,35	0,23	0,013	0,013	0,003	0,006	0,002	0,0005
10,0	43,17	51,52	36,05	0,70	6,50	15,67	1,40	5,53	7,00	1,37	3,77	0,78	0,057	61,62	2,41	0,23	0,013	0,016	0,003	0,007	0,002	0,0006

*VR = valor relativo, sem unidade.

Tabela 17B - Média dos valores observados para o comprimento da haste (CH), número de hastes (NH), número de folhas (NF), massas da matéria fresca (MF) e massas da matéria seca (MS) de folhas (F), hastes (H), raízes (R) e planta inteira (PI) aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	CH	NH	NF	MFF	MFH	MFR	MSF	MSH	MSR	MSPI
	cm	ud/planta	ud/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta
0,0	13,87	1,50	9,25	7,65	2,67	4,00	1,07	0,20	0,23	1,66
2,5	23,42	2,00	17,00	44,54	10,61	16,69	4,43	0,73	1,05	6,43
5,0	21,70	1,00	23,50	42,66	9,95	16,22	4,06	0,62	1,04	5,98
7,5	20,57	2,00	17,00	40,44	9,68	15,79	3,88	0,62	1,02	5,75
10,0	18,17	2,00	14,25	41,93	10,03	18,85	4,01	0,65	1,11	6,00

Tabela 18B – Média dos valores observados para os teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H) e raízes (R) expressos em dag kg^{-1} , aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	KF	KH	KR	CaF	CaH	CaR	MgF	MgH	MgR	PF	PH	PR	SF	SH	SR
0,0	1,71	5,27	3,45	2,55	10,10	2,31	2,91	3,38	5,71	0,81	0,55	0,97	0,007	0,005	0,021
2,5	6,06	8,34	4,75	5,14	5,02	4,44	2,53	1,72	2,76	0,81	0,63	0,83	0,005	0,009	0,015
5,0	6,55	10,54	4,67	5,73	6,06	1,31	2,39	1,98	2,12	0,83	0,62	0,73	0,007	0,009	0,014
7,5	6,92	10,09	4,75	1,72	6,29	1,71	3,63	2,02	1,63	0,87	0,59	0,55	0,005	0,010	0,019
10,0	5,97	10,73	5,22	6,16	3,88	3,76	1,92	1,39	2,56	0,82	0,61	0,78	0,005	0,009	0,014

Tabela 19B – Média dos valores observados para os conteúdos de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), haste (H), raízes (R) e planta inteira (PI) expressos em g/planta, aos 21 dias após a emergência da batateira em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	QKF	QKH	QKR	QCaF	QCaH	QCaR	QMgF	QMgH	QMgR	QPF	QPH	QPR	QSF	QSH	QSR	QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
0,0	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,005	0,030	0,007	0,013	0,009	0,001	0,002	0,00007	0,00005	0,0002	0,04	0,06	0,06	0,01	0,0010
2,5	0,26	0,06	0,05	0,23	0,04	0,051	0,110	0,012	0,029	0,036	0,003	0,009	0,00005	0,00009	0,0001	0,39	0,32	0,16	0,05	0,0008
5,0	0,26	0,05	0,05	0,25	0,03	0,013	0,910	0,011	0,023	0,034	0,005	0,008	0,00007	0,00009	0,0001	0,39	0,30	0,13	0,05	0,0009
7,5	0,27	0,06	0,05	0,07	0,04	0,016	0,140	0,012	0,016	0,033	0,004	0,005	0,00005	0,00010	0,0002	0,39	0,12	0,17	0,04	0,0009
10,0	0,24	0,07	0,06	0,24	0,02	0,042	0,080	0,009	0,029	0,033	0,004	0,009	0,00005	0,00009	0,0001	0,39	0,32	0,12	0,05	0,0008

Tabela 20B – Média dos valores observados para o número de tubérculos (NT), massa da matéria de tubérculos frescos (MFT), massas da matéria de tubérculos (MST), folha (MSF), haste (MSH), raízes (MSR) e planta inteira (MSPI) secos na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	NT	MFT	MST	MSF	MSH	MSR	MSPI
	ud/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta
0	3,50	32,25	3,50	5,46	0,08	0,22	9,25
2,5	43,50	440,50	20,96	39,31	6,42	2,90	69,59
5,0	47,50	688,25	172,68	48,77	10,12	18,46	250,03
7,5	38,50	529,00	63,84	54,44	17,14	20,20	155,62
10,0	38,00	439,50	37,86	52,09	13,83	4,29	108,07

Tabela 21B – Média dos valores observados para os teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) expressos em dag kg⁻¹, na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	KF	KH	KR	KT	CaF	CaH	CaR	CaT	MgF	MgH	MgR	MgT	PF	PH	PR	PT	SF	SH	SR	ST
0,0	0,17	0,24	0,18	1,15	4,21	11,8	14,06	1,35	1,10	4,44	5,34	2,01	0,22	0,13	0,10	0,60	0,00	0,01	0,016	0,005
2,5	3,05	1,7	0,79	1,65	16,16	7,69	7,42	1,25	3,12	2,95	2,42	1,69	0,51	0,51	0,77	0,54	0,04	0,02	0,009	0,003
5,0	7,14	4,78	0,64	2,05	10,77	6,73	6,36	1,29	2,19	2,75	1,83	1,91	0,45	0,42	0,63	0,45	0,04	0,01	0,006	0,003
7,5	6,86	4,61	0,56	2,12	9,72	5,83	5,85	1,27	1,97	1,90	1,70	1,77	0,46	0,48	0,43	0,47	0,04	0,01	0,005	0,003
10,0	6,86	5,91	1,03	2,19	8,53	6,06	6,96	1,44	1,96	2,24	1,95	1,93	0,47	0,50	0,75	0,45	0,03	0,01	0,006	0,003

Tabela 22B – Média dos valores observados para conteúdo de potássio (QK), cálcio (QCa), magnésio (QMg), fósforo (QP) e enxofre (QS) nas folhas (F), hastes (H), raízes (R) e tubérculos (T) expressos em g/planta, na colheita em função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	QKF	QKH	QKR	QKT	QCaF	QCaH	QCaR	QCaT	QMgF	QMgH	QMgR	QMgT	QPF	QPH	QPR	QPT	QSF	QSH	QSR	QST
0,0	0,01	0,0003	0,0004	0,04	0,24	0,008	0,03	0,05	0,11	0,003	0,01	0,07	0,01	0,0002	0,0002	0,02	0,00002	0,0001	0,0001	0,00007
2,5	1,17	0,1050	0,0232	0,69	6,46	0,505	0,22	0,56	1,26	0,193	0,07	0,76	0,20	0,0317	0,0238	0,23	0,00036	0,0002	0,00005	0,00005
5,0	3,49	0,4807	0,1062	3,55	5,32	0,681	1,00	2,18	1,07	0,276	0,30	3,42	0,22	0,0430	0,0863	0,79	0,00044	0,0001	0,00006	0,00003
7,5	3,73	0,6460	0,0890	1,36	5,37	0,824	1,03	0,80	1,07	0,236	0,29	1,12	0,25	0,0675	0,0778	0,30	0,00037	0,0001	0,00003	0,00003
10,0	3,59	0,7301	0,0973	2,03	4,47	0,852	0,63	1,29	1,02	0,304	0,20	1,75	0,25	0,0695	0,0433	0,42	0,00031	0,0001	0,00006	0,00003

Tabela 23B - Média dos valores observados para conteúdo na planta inteira de potássio (QKPI), cálcio (QCaPI), magnésio (QMgPI), fósforo (QPPI) e enxofre (QSPI) expressos em g/planta, na colheita função de doses de potássio (K) em hidroponia.

DOSE K	QKPI	QCaPI	QMgPI	QPPI	QSPI
0	0,05	0,32	0,20	0,03	0,0003
2,5	1,99	7,73	2,29	0,49	0,0006
5,0	7,64	9,18	5,07	1,15	0,0006
7,5	5,83	8,02	2,73	0,69	0,0005
10,0	6,54	7,24	3,28	0,78	0,0005