

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO - PR**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA**  
**MESTRADO**

**TAMANHOS DE TUBÉRCULO-SEMENTE E DOSES DE FERTILIZANTE E**  
**GESSO NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA**  
**BATATA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**LUIZ RAPHAEL DE MELO QUEIROZ**

**GUARAPUAVA-PR**

**2013**

**LUIZ RAPHAEL DE MELO QUEIROZ**  
**Engenheiro Agrônomo**

**TAMANHOS DE TUBÉRCULO-SEMENTE E DOSES DE FERTILIZANTE E GESSO NO  
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA BATATA**

Dissertação de Mestrado apresentado à Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Professor, Dr. Marcelo Marques Lopes Muller  
Orientador

GUARAPUAVA-PR  
2013

Catálogo na Publicação  
Biblioteca da UNICENTRO, Campus CEDETEG

Q3t Queiroz, Luiz Raphael de Melo  
Tamanhos de tubérculo-semente e doses de fertilizante e gesso no crescimento e produtividade da cultura da batata / Luiz Raphael de Melo Queiroz. -- Guarapuava, 2013  
xi, 66 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2013

Orientador: Marcelo Marques Lopes Muller

Banca examinadora: Rogério Peres Soratto, Aline Marques Genú, Jackson Kawakami

Bibliografia

1. Agronomia. 2. *Solanum tuberosum*. 3. Índice de área foliar. 4. Tuberização. 5. Gesso agrícola. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 635.2

**Luiz Raphael de Melo Queiróz**

**“TAMANHOS DE TUBÉRCULO-SEMENTE E DOSES DE FERTILIZANTE E GESSO NO  
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA BATATA”**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 18 de fevereiro de 2013.



Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller  
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Jackson Kawakami  
(UNICENTRO)



Profa. Dra. Aline Marques Genú  
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Rogério Peres Soratto  
(UNESP)

GUARAPUAVA-PR

2013

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Centro Oeste, pela oportunidade de realizar este curso de Mestrado.

Aos professores PhD Jackson Kawakami e Dr. Marcelo Marques Lopes Müller, pela forma com que conduziram a orientação desta dissertação, pois me proporcionou crescimento e conhecimento dentro da área de pesquisa científica.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Centro Oeste que, com dedicação e profissionalismo, contribuíram para minha formação.

Aos meus pais, Luiz Gabriel e Maria Rita, que me incentivaram a realizar o curso de Mestrado, porém devido a circunstâncias da vida, acaba-se por postergar a realização deste. Porém devido à insistência deles esse trabalho foi concluído.

À minha noiva, Suellen, pelo companheirismo e auxílio no trabalho.

Aos meus irmãos, que de forma direta ou indireta contribuíram com essa realização.

Aos estagiários que colaboraram com a realização das inúmeras e árduas análises.

Por fim, a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para o estudo.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| LISTA DE FIGURAS .....   | i         |
| LISTA DE TABELAS.....  | ii        |
| RESUMO.....  | iii       |
| ABSTRACT .....   | v         |
| <b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Referências bibliográficas .....   | 3         |
| <b>2 OBJETIVO.....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1 Objetivo geral.....  | 4         |
| 2.2 Objetivos específicos.....   | 4         |
| <b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>   | <b>5</b>  |
| 3.1 Panorama da produção .....   | 5         |
| 3.2 Tubérculo-semente .....  | 6         |
| 3.3 Fertilização da cultura .....  | 8         |
| 3.3.1 Nitrogênio.....  | 9         |
| 3.3.2 Fósforo.....   | 10        |
| 3.3.3 Potássio.....  | 11        |
| 3.3.4 Cálcio.....  | 12        |
| 3.4 Tuberização.....   | 14        |
| 3.5 Referências bibliográficas.....  | 16        |
| <b>4 ADUBAÇÃO NPK E TAMANHO DA BATATA-SEMENTE NO CRESCIMENTO,<br/>PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE DE PLANTAS DE BATATA .....</b> | <b>23</b> |
| 4.1 Resumo .....   | 23        |
| 4.2 Abstract .....   | 24        |
| 4.3 Introdução .....   | 25        |
| 4.4 Material e método.....   | 26        |
| 4.5 Resultado e discussão .....  | 29        |
| 4.6 Conclusões .....   | 37        |
| 4.7 Referências bibliográficas.....  | 37        |
| <b>5 CRESCIMENTO E TUBERIZAÇÃO INICIAIS DE PLANTAS DE BATATA EM FUNÇÃO<br/>DE DOSES DE NPK E GESSO.....</b>                    | <b>42</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.1 Resumo .....</b>                    | <b>42</b> |
| <b>5.2 Abstract .....</b>                  | <b>43</b> |
| <b>5.3 Introdução .....</b>                | <b>44</b> |
| <b>5.4 Material e método.....</b>          | <b>45</b> |
| <b>5.5 Resultado e discussão .....</b>     | <b>46</b> |
| <b>5.6 Conclusões .....</b>                | <b>50</b> |
| <b>5.7 Referências bibliográficas.....</b> | <b>50</b> |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>         | <b>53</b> |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Comparação entre os dados climáticos de 1999 – 2009 e da safra 2010/2011 em Guarapuava-PR, temperatura (a) e precipitação (b)..... 28
- Figura 2.** Efeito das doses do fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanhos de batata-semente no comprimento de haste (a, b), número de hastes principais (c, d) e índice de área foliar (IAF; e, f), respectivamente, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011)... 30
- Figura 3.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanhos de batata-semente no número de tubérculos menores que 1 cm (a, b), número de tubérculos maiores que 1 cm (c, d) e massa fresca de tubérculos (MF; e, f), respectivamente, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011)..... 33
- Figura 4.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanhos de batata-semente no número de tubérculos comerciais (a, b), número de tubérculos comerciais entre as classes de tamanho (c, d) e produtividade comercial (e, f), respectivamente, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011)..... 35
- Figura 5.** Efeito das doses de fertilizante na produtividade comercial de tubérculos em comparação a dose de máxima eficiência agronômica (DMEA), em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011)..... 54
- Figura 6.** Correlação entre a produtividade comercial e o número de tubérculos comerciais obtidos na colheita, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011)... ..... 55



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no comprimento de haste, número de hastes principais e número de nós por haste em plantas de batata (cultivar Ágata), plantio 12/07/2012, Guarapuava-PR (2012)..... 47
- Tabela 2.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no comprimento de haste, número de hastes principais e número de nós por haste em plantas de batata (cultivar Ágata), plantio 20/08/2012, Guarapuava-PR (2012)..... 47
- Tabela 3.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no número de tubérculos iniciados e formados, massa fresca (MF) de tubérculos formados, massa seca (MS) de tubérculos formados, MS total (folha, haste e tubérculo) e área foliar (AF) de plantas de batata (cultivar Ágata), plantio em 12/07/2012, Guarapuava-PR (2012)..... 49
- Tabela 4.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no número de tubérculos iniciados e formados, massa fresca (MF) de tubérculos formados, massa seca (MS) de tubérculos formados, MS total (folha, haste e tubérculo) e área foliar (AF) de plantas de batata (cultivar Ágata), plantio em 20/08/2012, Guarapuava-PR (2012)..... 49

## RESUMO

QUEIROZ, Luiz Raphael de Melo. **Tamanhos de tubérculo-semente e doses de fertilizante e gesso no crescimento e produtividade da cultura da batata**. Guarapuava: UNICENTRO, 2013. 55f. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal).

O objetivo deste trabalho foi identificar o efeito de doses de fertilizante e tamanhos de tubérculo-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade da cultura da batata, além de verificar a eficiência do uso do gesso agrícola como fonte de cálcio, visando à complementação de menores doses do fertilizante NPK 4-14-8, na região de Guarapuava – PR. Foram conduzidos três experimentos na região, sendo um em lavoura comercial de batata, a partir de dezembro 2010; e outros dois em casa de vegetação com cobertura plástica, no *Campus* CEDETEG da Universidade Estadual do Centro Oeste, em julho/agosto e agosto/setembro de 2012, 1º e 2º experimento, respectivamente. No experimento a campo, os tratamentos foram constituídos de 0, 2, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante mineral (NPK) 4-14-8 (parcela) e tubérculos-semente do tipo I e III (subparcela), arranjos em esquema de parcela subdividida, em blocos ao acaso, com três repetições. Em casa de vegetação, os tratamentos foram constituídos de quatro doses de fertilizante (0, 2, 4, 6 Mg ha<sup>-1</sup>) formulado NPK 4-14-8, e mais três tratamentos de 2 Mg ha<sup>-1</sup> do mesmo formulado complementados com doses de 0,6; 1,2 e 1,8 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola (20% Ca). As características analisadas foram: comprimento da haste principal, número de hastes, número de nós por haste, índice de área foliar (experimento a campo) e área foliar (experimentos em casa de vegetação), massa seca (MS) total; massa fresca, MS e número de tubérculos formados e iniciados. No experimento a campo determinou-se as doses de máxima eficiência agrônômica e econômica das doses do fertilizante. Foram coletados dados aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE) (experimentos em casa de vegetação) e aos 24, 41 e 57 DAE, além da avaliação no período da colheita (experimento a campo). Em condições de campo, não houve interação significativa entre doses de fertilizantes e tamanhos de tubérculo-semente em nenhuma característica analisada. As doses do fertilizante influenciaram todas as características morfológicas analisadas, sendo que, de modo geral, as maiores doses resultaram em maiores valores das características. Entretanto, as doses do fertilizante influenciaram com menor intensidade o número de hastes, que foi a característica mais influenciada pelo tamanho do tubérculo-semente, sendo maior em plantas oriundas de sementes do tipo I. O tamanho do tubérculo-semente não influenciou a produtividade de tubérculos. O número de tubérculos iniciados apresentou mesma tendência, isto é, plantas que receberam maiores

doses de fertilizante iniciaram maior número de tubérculos em comparação às demais plantas, e em casa de vegetação a complementação do fertilizante com gesso agrícola resultou em iniciação de tubérculos semelhante à utilização das maiores doses do fertilizante, mostrando que nas condições deste estudo, a utilização de 2 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 4-14-8 complementado com dose de 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola apresentou-se como a melhor opção econômica para a iniciação de tubérculos. Porém, a máxima eficiência econômica no campo foi atingida com 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> de fertilizante, concluindo-se, portanto, que a utilização da dose de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> e tubérculos-semente do tipo III resultaram na melhor opção econômica para o produtor.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum*, índice de área foliar, tuberização, gesso agrícola.

## ABSTRACT

QUEIROZ, Luiz Raphael de Melo. **Potato tuber seed size and fertilizer and gypsum rates on growth and yield of potato plants**. Guarapuava: UNICENTRO, 2013. 55s. (Dissertation – Master of Science in Agronomy, Concentration area in Plant Production).

The objective of this study was to identify the effect of fertilizer rates and sizes of seed potatoes on growth, yield and profitability of potato cultivation, in addition to verifying the efficiency of the use of gypsum as a calcium source, aiming at complementing the smaller doses of the fertilizer NPK 4-14-8, in the region of Guarapuava, Paraná state. Three experiments were conducted in the region, one in commercial potato crop, from December 2010, and other two experiments in a greenhouse with plastic cover on Campus CEDETEG of Midwestern State University, in July/August and August/September 2012, 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> experiment, respectively. In the field experiment the treatments were 0, 2, 4 and 6 Mg ha<sup>-1</sup> of mineral fertilizer 4-14-8 (plot) and seed potatoes type I and III (subplot), arranged in a split plot design in a randomized block design with three replications. In greenhouse, treatments consisted of four fertilizer rates (0, 2, 4, 6 Mg ha<sup>-1</sup>) of NPK 4-14-8, and three rates of 2 Mg ha<sup>-1</sup> of the same formulated supplemented with doses of 0.6; 1.2 and 1.8 Mg ha<sup>-1</sup> of gypsum (20% Ca). The analyzed characteristics were: main stem length, number of stems, number of nodes per stem, leaf area index (field experiment) and leaf area (experiments in the greenhouse), total dry matter (DM); fresh weight, DM and number of tubers formed and started. In the field experiment it was determined the maximum agronomic and economic efficiency of fertilizer rates. Data were collected at 7, 14 and 21 days after emergence (DAE) (in greenhouse experiments) and at 24, 41 and 57 DAE, and at harvest (field experiment). Under field conditions, there was no significant interaction between fertilizers rate and potato seed tuber size for any analyzed characteristic. The rate of fertilizer influenced all the analyzed plant characteristics, where, in general, the higher the rates, the higher the values of the characteristics. However, the rates of fertilizers had low effect on the number of stems, which was the characteristic most influenced by the seed size; it was higher in plants from seed type I. The size of the seed potatoes had no influence on tuber yield. The number of tubers initiated showed the same tendency, i.e., plants that received greater doses of fertilizer started greater number of tubers compared with the other plants, and in greenhouse the fertilizer supplementation with gypsum leads to tuber initiation similar to the use of the higher rate of the fertilizer, showing that under the conditions of this study, the use of 2 Mg ha<sup>-1</sup> of the fertilizer 4-14-8 supplemented with rates of 1.2 Mg ha<sup>-1</sup> of gypsum showed the best

economic option for tuber initiation. However the maximum economic efficiency was achieved with 3.5 Mg ha<sup>-1</sup> of the fertilizer, concluding, therefore, that the use of rate of 3.5 Mg ha<sup>-1</sup> and seed potatoes type III resulted in the best economical choice for the growers.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, leaf area index, tuberization, gypsum.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia produtiva da batata (*Solanum tuberosum* L.) constitui-se em uma das maiores e mais complexa da olericultura brasileira, tendo em vista as diversas atividades, desde a produção de tubérculos-semente até o cultivo de tubérculos para a produção de alimentos e seus derivados (FILHO & CAMARGO, 2008). A eficiência produtiva da cultura da batata, aliada à alta resposta à adição de nutrientes no solo, garante elevado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos, característica importante num cenário mundial de constante crescimento populacional (PULZ et al., 2008).

Com a globalização dos mercados, a batata transformou-se numa cultura de grande importância no agronegócio brasileiro. Entretanto, tem ocorrido uma redução drástica no número de produtores, afetados pelo aumento do custo de produção, frequentes oscilações de mercado nas cotações do produto e, sobretudo, pela perda de competitividade. Porém, as alterações no perfil dos produtores trouxeram inúmeras mudanças, que culminaram na evolução da cultura da batata no Brasil, tendo influenciado alguns fatores como melhor gerenciamento das propriedades, utilização de batata-semente de qualidade e introdução de novas cultivares (PEREIRA, 2011).

Considerando esses fatores, nota-se a importância e a evolução da cadeia produtiva da cultura no país, porém com grandes desafios devido ao alto custo de produção, refletindo na diminuição e consequente aperfeiçoamento dos produtores.

O tubérculo-semente é um fator fundamental para garantir a boa qualidade e produtividade em uma cultura de batata, sendo um dos insumos que mais afetam o custo total de produção da cultura. Desta forma, o peso unitário ou tamanho da batata-semente deve ser considerado, pelas implicações de ordem agrônômica e econômica que acarreta.

A maioria das cultivares de batata utilizada no Brasil é de origem europeia (e.g., cultivar Ágata) e sofre os efeitos adversos das temperaturas mais elevadas e do fotoperíodo mais curto, ocasionando redução do ciclo vegetativo e do potencial produtivo (MENEZES et al., 2001). Para suplantar esta dificuldade, torna-se necessária elevada quantidade de insumos para obter uma produção razoável, ocasionando assim um decréscimo na sustentabilidade dos cultivos (SILVA et al., 2012).

Os fatores climáticos e os aspectos agrônômicos, como a elevada incidência de doenças e pragas e a exigência de adubação mineral em elevadas doses, tornam o custo da produção brasileira um dos mais elevados do mundo.

Atualmente, as adubações para a cultura da batata no Brasil são realizadas muitas vezes sem critérios técnicos pelos produtores, independente da análise de solo, portanto uma recomendação adotada de forma genérica para os mais variados tipos de solo, cultivares e finalidades da produção, baseada apenas em aspectos práticos, geralmente utilizando doses muito maiores que a preconizada pela pesquisa.

As práticas utilizadas no cultivo da batata se assemelham muito nas Regiões do Brasil onde é cultivada: fórmulas de adubação, espaçamento, cultivares e outras práticas. Destas, destaca-se a da adubação que, apesar das diferenças existentes entre as condições climáticas e edáficas regionais, acaba por, basicamente, se traduzir na aplicação de 4 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 4-14-8 (20% Ca e 12% S), que equivale à dose de 160 kg de N ha<sup>-1</sup>, 560 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 320 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, 800 kg de Ca ha<sup>-1</sup> e 480 kg de S ha<sup>-1</sup> (MALAVOLTA et al., 1989; MALLMANN et al., 2011).

Quanto aos componentes de rendimento, sabe-se que plantas que apresentam elevado número de tubérculos apresentam, geralmente, tubérculos menores (SILVA et al., 2009). Desta forma, é importante o manejo cultural e nutricional buscando o equilíbrio entre número e tamanho de tubérculos, pois ambos influenciam diretamente o rendimento de tubérculos comerciais, sendo que a iniciação de tubérculos é influenciada pela adubação já no início de desenvolvimento da cultura.

## 1.1 Referências bibliográficas

FILHO, W.P.C.; CAMARGO, F.P. Produção de batata no Brasil, 1990-2007: evolução, distribuição regional e safras. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.1024-1026, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.

MALLMANN, N.; LUCCHESI, L.A.C.; DESCHAMPS, C. Influência da adubação com NPK na produção comercial e rentabilidade da batata na região Centro-Oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, p.67-82, 2011.

MENEZES, C.B.; PINTO, C.A.B.P.; NURMBERG, P.L.; LAMBERT, E.S. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, p.145-157, 2001.

PEREIRA, A.S. A evolução da batata no Brasil. **In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Viçosa: ABH, p.5701-5710, 2011.

PULZ, A.L.; CRUSCIOL, C.A.C.; LEMOS, L.B; SORATTO, R.P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1651-1659, 2008.

SILVA, F.L.; PINTO, C.A.B.P.; ALVES, D.; BENITES, F.R.G.; ANDRADE, C.M.; RODRIGUES, G.B.; LEPRE, A.L.; BHERING, L.P. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, v.68, p.295-302, 2009.

SILVA, G.; CASTRO, C.M.; TERRES, L.R.; ROHR, A.; SUINAGA, F.A.; PEREIRA, A.S. Desempenho agrônômico de clones elite de batata. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.557-560, 2012.



## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo deste trabalho foi identificar o efeito de doses do fertilizante formulado 4-14-8 e tamanhos de tubérculo-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade da cultura da batata, além de verificar a eficiência do uso do gesso agrícola, visando à complementação de uma dose mais baixa do fertilizante em relação à dose comumente utilizada ( $4 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), na região de Guarapuava - PR.

### **2.2 Objetivos específicos**

Verificar a partir de qual época os tamanhos de tubérculo-semente e doses do fertilizante interferem nos componentes produtivos da cultura.

Determinar a dose de máxima eficiência agrônômica e econômica do fertilizante em função da produtividade da cultura e do valor da produção.

Verificar a possibilidade do uso de gesso agrícola, em combinações com uma dose mais baixa do fertilizante, na promoção da iniciação de tubérculos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Panorama da produção

No Brasil, a cultura da batata foi introduzida pelos colonizadores portugueses. Inicialmente era cultivada em pequena escala em hortas familiares, sendo chamada de batatinha. Na ocasião da construção das ferrovias, ganhou o nome de batata inglesa, por ser uma exigência nas refeições dos técnicos vindos da Inglaterra (ABBA, 2013). Até a década de 1940, o Rio Grande do Sul era o maior produtor nacional e o cultivo se dava nos municípios da região de Pelotas. Essa região abastecia o resto do país através do Porto de Rio Grande. No período da Segunda Guerra Mundial, alguns fatores como a falta de transporte por mar ou terra, e a conseqüente falta de batata no centro do país foram fatores que estimularam o cultivo na região sudeste (PEREIRA & DANIELS, 2003).

De acordo com FAO (2013) a produção mundial de batatas em 2011 foi de 374,4 milhões de toneladas em uma área de aproximadamente 19,2 milhões de hectares. O Brasil responde por pouco mais de 1% da produção mundial, com 3,91 milhões de toneladas. A produtividade média nacional em 2011 foi em torno de 26 Mg ha<sup>-1</sup>, bem abaixo das lavouras americanas e europeias que produzem acima de 40 Mg ha<sup>-1</sup>.

O consumo per capita nos países europeus e do hemisfério norte é de mais de 100 kg por ano, já no Brasil, segundo Bandinelli (2009), o consumo per capita varia de 10 a 15 kg por ano. No Brasil, existem dois mercados que absorvem a produção de batata. O primeiro representa a maior parte, sendo o de tubérculos destinados para o mercado fresco, conhecido como “batata de mesa”, que consome cerca de 90% do volume produzido. O segundo mercado é representado pela batata utilizada pela indústria, que é processada em diversos segmentos, como chips, batata palito, amido e fécula (REIS, 2008).

A batata no Brasil é cultivada em aproximadamente 149 mil ha, sendo distribuída principalmente nos seguintes estados: Minas Gerais (28%), Paraná (21%), São Paulo (19%), Rio Grande do Sul (15%), Bahia (6%) e Goiás (5%) (IBGE, 2013).

No Estado do Paraná, a principal região produtora é a de Curitiba, com destaque para os Municípios de Araucária, Contenda, Lapa e São Mateus do Sul. Em seguida, destaca-se a região de Ponta Grossa com a característica de produzir batata para indústria, mediante contrato, sendo a variedade mais cultivada a Atlantic. Conforme dados do IBGE (2013), a região de Guarapuava apresentou uma área de plantio de 4.272 ha, alcançando na safra 2011 produtividades maiores que a

média nacional, 33,4 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo uma região produtora que se destaca pelo alto nível tecnológico das lavouras e onde predomina o plantio da variedade Ágata.

### 3.2 Tubérculo-semente

Apesar da batata ser propagada vegetativamente através do tubérculo, portanto, botanicamente classificada como “muda”, universalmente é aceita como semente devido às suas características agronômicas serem mais estreitamente relacionadas com o material de propagação sexuada, na sua forma de manuseio, plantio, armazenamento e comercialização (HIRANO, 1987).

A batata é uma hortaliça que se propaga, em geral, vegetativamente, por meio de tubérculos. Entretanto, neste processo de propagação, o material está sujeito a infecções por patógenos como fungos, bactérias e, principalmente, vírus que a cada ciclo vegetativo são transmitidos para a próxima geração, contribuindo para o processo de degenerescência da cultura (PEREIRA & DANIELS, 2003).

O tubérculo-semente é o principal insumo e, talvez, aquele de maior custo relativo, mas também fundamental para o bom rendimento e retorno financeiro da cultura. O plantio do tubérculo-semente de qualidade inferior pode comprometer uma safra, mesmo que todas as outras condições sejam altamente favoráveis ao cultivo, portanto a utilização do tubérculo-semente com boa sanidade, estado fisiológico e brotação adequada, são fundamentais para o sucesso da cultura (FUROMOTO & LOPES, 1997).

Cerca de 8% da produção mundial de batata destina-se às sementes, sendo menor esse percentual nos países em que a produtividade é alta. A Holanda e o Chile chegam a destinar 25% a 15% da produção, respectivamente, para sementes, devido à exportação deste insumo. No Brasil, cerca de 7% da produção é destinada a sementes, mas apenas 20% a 30% desse total correspondem a sementes de qualidade, ou seja, certificadas (PEREIRA & DANIELS, 2003; FAO, 2013).

A classificação do tubérculo-semente segue 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, visam à garantia de sua identidade e qualidade. A classificação do tubérculo, segundo esta norma, atenderá ao limite superior e inferior informado e o lote conterá, obrigatoriamente, o mínimo de 95% de tubérculos dentro destes limites, como indicação e garantia de plantabilidade. O limite superior da classificação dos tubérculos será no máximo o dobro do limite inferior (BRASIL, 2012).

Antigamente a classificação do tubérculo-semente seguia as “Normas Gerais para Certificação de Batata-Semente”, sendo classificadas como: Tipo I - entre 50 e 60 mm; Tipo II - entre 40 e 50 mm; Tipo III - entre 30 e 40 mm; Tipo IV - entre 23 e 30 mm e Tipo V - menores que 23 mm (BRASIL, 1987).

O tubérculo-semente no Brasil é comercializado com base na massa líquida da embalagem (caixas contendo 30 kg) e não pela sua massa unitária ou conforme o número de tubérculos, sendo este um fator que afeta sobremaneira o custo de produção, tornando imprescindível o conhecimento de como as características como massa, eficiência na emergência, número de hastes formadas e crescimento inicial da batata-semente influenciam o desempenho agrônomo da cultura (TEIXEIRA et al., 2010).

O tamanho de semente está relacionado diretamente ao custo de produção, sendo este insumo responsável por 15 a 24% do custo total de produção (CEPEA/ESALQ/USP, 2013). Considerando uma população de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, utiliza-se em média 183 e 50 caixas ha<sup>-1</sup> de tubérculo-semente tipo I e tipo III, respectivamente.

Uma embalagem com tubérculos menores possibilita maior rendimento por área e menor custo, porém em condições adversas de plantio o uso de tubérculos maiores propicia uma taxa de emergência mais rápida e uma população final de plantas por hectare mais uniforme (FILGUEIRA, 2008; GULLUOGLU & ARIOGLU, 2009).

Trabalhos realizados em Guarapuava, avaliando espaçamento entre plantas (20, 25 e 30 cm) e tamanho de semente, mostram não haver diferença na produção entre os diferentes espaçamentos e que o uso de tubérculo-semente com menores diâmetros (tipo III), e maiores espaçamentos entre plantas (30 cm) trazem vantagens ao agricultor proporcionando a melhor relação custo x benefício, pois minimizam o uso de tubérculo-semente a campo e reduzem os custos de implantação da cultura sem perdas na produção (ESCHEMBACK et al., 2011). Estudos realizados por Creamer et al. (1999) mostraram que a cultivar Russet Burbank, não teve sua produção afetada quando o espaçamento entre plantas variou de 15 a 30 cm.

Rykbost & Locke (1999) mostraram um menor número de hastes principais formadas e um atraso na emergência utilizando tubérculos cortados com massa inferior a 50 g em três variedades analisadas, em comparação a tubérculos com maior massa. Kawakami & Iwama (2012) não encontraram diferenças na porcentagem de germinação e no número de dias até a emergência comparando tubérculos convencionais (50 g) e microtubérculos (0,5 a 5 g).

### 3.3 Fertilização da cultura

Mesmo sendo um empreendimento de custo elevado, muitos produtores não acatam as recomendações técnicas de adubação para a cultura e adubam, muitas vezes, sem sequer realizar a análise química do solo (NAVA et al., 2007). Geralmente os bataticultores fornecem quantidades de nutrientes bastante superiores às preconizadas pela pesquisa (FELTRAN, 2005), chegando a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 400 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, considerando uma adubação de 4 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 5-20-10 (EPAGRI, 2002). Isso impacta substancialmente os custos de produção da cultura da batata (SILVA et al., 2000) e reduz a qualidade dos tubérculos, além do fato de que os nutrientes não absorvidos pelas plantas podem representar risco de poluição ambiental (ANDRIOLO et al., 2006).

O Estado do Paraná não apresenta uma recomendação oficial para a cultura da batata, portanto utiliza-se como referência a recomendação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde recomenda-se fazer calagem para elevar o pH (em água) do solo até 5,5, a saturação por bases a 60% e procurar elevar o teor de magnésio no solo ao mínimo de 0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Com relação à adubação nitrogenada, a recomendação é determinada em função da matéria orgânica do solo. Sugere-se que metade da dose seja aplicada no plantio e o restante na amontoa, sendo que a dose pode variar de 60 a 120 kg ha<sup>-1</sup>. Quanto ao fósforo, a recomendação é de aplicar 300, 250, 200, 150 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> quando o teor de fósforo no solo for interpretado como limitante, muito baixo, baixo, médio e suficiente, respectivamente. Na adubação potássica, é recomendado aplicar 210, 180, 150, 120, 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O quando o teor no solo for menor que 20, entre 21 e 40, entre 41 e 60, entre 61 e 80 e maior que 81 ppm (SBCS, 2004). Não há recomendação de adubação sulfatada para a cultura (LORENZI et al., 1997).

Face aos altos rendimentos da cultura, a extração de nutrientes é relativamente alta. Estima-se que para uma produtividade de 30 Mg ha<sup>-1</sup> de tubérculos, têm-se exportações aproximadas de 120 a 180 kg de K, 100 a 120 kg de N e 14 a 17 kg de P, 10 kg de S e 9 kg de Ca e Mg (FONTES, 1997a; REIS JÚNIOR & MONNERAT, 2001).

Segundo Fontes (1997a) e Bertsch (2003), a extração de nutrientes depende de fatores externos (temperatura, umidade, luminosidade e época de plantio) que estão relacionados com o ambiente de cultivo, mas também de fatores internos, como o potencial genético e a idade da planta. Portanto, para o manejo correto da adubação, em cada cultivar e em cada ambiente de cultivo, são necessários estudos sobre a absorção e exportação de nutrientes para auxiliar nos programas de adubação, com a

finalidade de aperfeiçoar a produção de tubérculos e reduzir o uso excessivo de fertilizantes (FERNANDES et al., 2011). Esses fatores são de suma importância para que seja realizado um programa eficiente de adubação, sendo necessário o desenvolvimento de estratégias de manejo de fertilizantes para a cultura da batata, otimizando a eficiência do uso de fertilizantes (JOERN & VITOSHI, 1995).

### 3.3.1 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é essencial para a formação da clorofila, proteína e muitas outras moléculas que atuam no desenvolvimento das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004), sendo importante para manter um bom desenvolvimento da parte aérea e crescimento dos tubérculos (WESTERMANN et al., 1994).

A disponibilidade de nitrogênio no solo é altamente dependente do teor de matéria orgânica e de sua taxa de mineralização. A atividade microbiana do solo é quem determina a taxa de mineralização e que por sua vez é dependente da temperatura, aeração e umidade do solo, entre outros fatores (NAVA et al., 2007).

Segundo Yorinori (2003) o acúmulo máximo de nitrogênio na cultura, utilizando a cultivar Atlantic na safra das águas, ajustou-se a um modelo quadrático, onde o acúmulo máximo de nitrogênio nas raízes, caules, folhas e tubérculos ocorreu aos 63, 74, 71 e 111 dias após o plantio (DAP), respectivamente. A taxa de maior acúmulo de nitrogênio total foi de  $3,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e ocorreu no período de enchimento dos tubérculos (49 a 55 DAP), sendo absorvido  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  para uma produtividade de  $36,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ , e exportado  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O fornecimento de nitrogênio para a cultura da batata promove até certo ponto, aumento no teor de matéria seca dos tubérculos, já a sua disponibilização em excesso produz efeito contrário. Por outro lado, altas doses de nitrogênio acompanhadas por irrigação com fornecimento de água em demasia promovem excessivo desenvolvimento da folhagem em detrimento do teor de matéria seca dos tubérculos, que diminui (ZAAG, 1993). Além do mais, plantios com altas dosagens de nitrogênio tornam as plantas mais suscetíveis ao crescimento secundário dos tubérculos o que favorece a ocorrência de danos mecânicos por ocasião da colheita (MALLMANN, 2001).

O excesso de nitrogênio pode estimular maior produção de folhagem, reduzir a massa seca e o amido nos tubérculos, retardar a maturação e prolongar a duração do período vegetativo (REIS JÚNIOR & MONNERAT, 2001). Além disso, adubações com doses crescentes de nitrogênio, a partir

de 100 kg ha<sup>-1</sup>, podem acarretar em aumento da incidência de Rizoctonia (*Rhizoctonia solani* Kuhn) (CROZIER et al., 2000).

### 3.3.2 Fósforo

O fósforo (P) desempenha nas plantas importantes funções na armazenagem de energia e na integridade estrutural das membranas. Além disso, compõe a estrutura de compostos vitais das células vegetais como fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese. Também é constituinte de nucleotídeos dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) (TAIZ & ZEIGER, 2004).

As plantas de batata assimilam o fósforo com bastante dificuldade, conseqüentemente é importante que a presença do fósforo no solo ocorra sob uma fonte de fácil disponibilização e em quantidades suficientes. No entanto, quando o solo apresentar alto índice de acidez, o fósforo pode ser precipitado pelos íons de ferro e alumínio e, quando o pH for próximo a 7, o cálcio pode dificultar a assimilação do fósforo pelas plantas. Em função disso, grandes quantidades de fertilizantes fosfatados são aplicadas todos os anos nos solos, mas menos de 20% do que é fornecido fica disponível às raízes das plantas (HOLFORD, 1997).

Os solos da região de Guarapuava apresentam baixa disponibilidade de fósforo (RIBAS, 2010). O fato dos solos da região ainda apresentarem teores baixos de fósforo, mesmo após muitos anos de cultivo e adubação, provavelmente se deve, entre outros fatores, à textura muito argilosa e à alta capacidade de adsorção de fósforo nestes solos, uma vez que a mineralogia dos solos da região, além de rica em gibsitita, possui teores elevados de goetita, e solos com predomínio de goetita geralmente fixam mais fósforo do que solos hematíticos (SILVA, 2006).

Além disso, no cultivo da batata, o pH do solo é limitado ao máximo de 5,5, uma vez que valores superiores estão associados à ocorrência de doenças como a sarna da batata (SANGOI & KRUSE, 1994).

O fósforo é geralmente o elemento que promove aumentos mais significativos na produtividade da batata, e atua na planta como condicionador da produção, estimulando a formação de tubérculos, apressando a maturação, reduzindo o ciclo cultural e aumentando a percentagem de tubérculos graúdos (PREZOTTI et al., 1986).

O fósforo tem influência significativa na redução do ciclo vegetativo e no número de tubérculos por planta de batata (FONTES, 1999; ZAAG, 1993). Jenkins & Hakoomat (1999) observaram alta resposta da batata à adubação fosfatada e também observaram diferenças entre as variedades, sendo

que aqueles com sistema radicular limitado possuíam baixa capacidade de explorar os nutrientes do perfil do solo. O volume de raízes é particularmente importante para aqueles nutrientes que são relativamente imóveis no solo, tal como o fósforo.

Segundo Yorinori (2003) O acúmulo máximo de fósforo nas raízes, caules e folhas ocorreu no estágio de enchimento dos tubérculos, ajustando-se ao modelo quadrático. Já os tubérculos apresentaram o maior acúmulo na maturação, ajustando-se ao modelo linear. Embora grande parte do fósforo adicionado ao solo tornar-se imóvel ou não disponível (HOLFORD, 1997), é compreensível aplicar todo o fósforo no sulco de plantio, pois, além da sua baixa mobilidade no solo, seu suprimento no início do ciclo é muito importante para o crescimento inicial da planta, além de aumentar a produção de tubérculos em peso e número (FERNANDES et al., 2011).

Os valores de exportação ficaram dentro do intervalo de 0,3 a 0,5 kg de P por tonelada de tubérculos (FONTES, 1997b; FELTRAN & LEMOS, 2001), equivalente a cerca de 80% do total absorvido (FERNANDES et al., 2011).

### 3.3.3 Potássio

O potássio (K) encontra-se presente nos fertilizantes como sal neutro, ácido ou alcalino combinado com ligantes tais como:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ . Estes sais, a partir da sua aplicação no solo são dissolvidos e dissociam o  $\text{K}^+$  e os ânions que podem ser absorvidos pelas plantas de tal forma que o equilíbrio eletrostático do solo e da própria planta continua a ser mantidos (MALLMANN, 2001).

Este elemento atua em várias funções metabólicas nas plantas, como ativador de enzimas, respiração e síntese de proteínas: abertura estomática, transporte no floema, regulação osmótica e no balanço cátion/ânion (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O elemento é requerido pelas plantas para a translocação de açúcares e sínteses de amido e, como os tubérculos de batata são ricos em amido, demandam alta quantidade de potássio, levando esse nutriente a assumir um papel de extrema importância na nutrição da cultura de batata (CHAVES & PEREIRA, 1985).

Embora o potássio seja importante para o aumento do rendimento de tubérculos (REIS JÚNIOR & FONTES, 1996), o excesso pode reduzir o peso específico e o teor de amido dos mesmos (WESTERMANN et al., 1994).



Fontes (1999) relatou de maneira geral, que uma tonelada de tubérculos remove do solo 3,75 kg de K; já Yorinori (2003) encontrou um valor médio maior, ao redor de 3,9 kg de K por tonelada de tubérculo. A taxa de maior acúmulo deste elemento ocorreu entre 63 e 69 DAP, ajustando-se ao modelo quadrático, período este que coincidiu com a maior taxa de acúmulo de fósforo, porém, o valor observado para potássio foi dez vezes maior do que aquele observado para fósforo no mesmo período (YORINORI, 2003). A exportação deste elemento, segundo Fernandes et al. (2011), é ao redor de 85% do total de potássio absorvido durante o ciclo de cultivo.

Tubérculos com teor de potássio reduzido mostram-se muito sensíveis quando sofrem danos mecânicos durante o manuseio, sendo que dois a três dias após o estresse mecânico, apresentam-se com manchas escuras em sua casca (ZAAG, 1993; FONTES et al., 1987).

Trabalhos realizados na Carolina do Norte (EUA) mostram um efeito residual da adubação, safra após safra, no aumento dos níveis de fósforo e potássio no solo, para níveis próximos aos críticos, porém esse manejo tem aumentado a probabilidade de ocorrer efeitos salinos aos tubérculos-semente recém-plantados, mesmo com adubações menores, resultando na diminuição da emergência e do crescimento inicial, afetando a produtividade final. O excesso de potássio pode reduzir a produção, diminuir a massa seca e o amido nos tubérculos (REIS JÚNIOR & MONNERAT, 2001; BARCELOS et al., 2007).

#### 3.3.4 Cálcio

Quanto ao papel desempenhado, o cálcio (Ca) além de proporcionar apropriada divisão celular, participa de vários processos metabólicos, sendo importante para o desenvolvimento e o fortalecimento dos tecidos de sustentação, desenvolvimento de parede celular; osmoregulação; mensageiro na condução dos sinais entre os fatores ambientais e processos de crescimento da planta; cofator em atividade enzimática e metabolismo do amido (TAIZ & ZEIGER, 2004; PEREIRA & FONTES, 2005).

O cálcio possui papel fundamental no desenvolvimento radicular e, como é imóvel no floema, não se transloca das partes aéreas para as partes mais novas das raízes em desenvolvimento. É necessário, portanto, que ele esteja presente e seja absorvido da solução externa para as zonas apicais (MARSCHNER, 1995). Sua disponibilidade pode ser prejudicada pelo excesso de potássio e/ou magnésio e vice-versa (MALAVOLTA et al., 1989).

Assim, a baixa quantidade de cálcio no tubérculo deve-se ao fato de que as raízes da batateira contribuem muito pouco para o fornecimento de cálcio a este órgão, pois a maior parte do cálcio dos tubérculos é absorvido por pelos absorventes encontrados nos estolões e pelos próprios tubérculos (KRATZKE & PALTA, 1986). Isso demonstra a importância de se ter boa disponibilidade desse elemento durante a fase de tuberização e enchimento de tubérculos, período esse em que ocorre a maior demanda pelo elemento (FERNANDES et al., 2011).

O cálcio é o terceiro elemento mais absorvido pela cultura, sendo fundamental para o processo de tuberização e crescimento dos tubérculos (FILGUEIRA, 2008). A exportação deste elemento é em torno 0,10 kg de Ca para cada tonelada de tubérculos, porém apenas 6% da quantidade total extraída é exportada pelos tubérculos, demonstrando que a maior parte do cálcio acumulado nas plantas retorna ao solo com os restos culturais (FERNANDES et al., 2011). Yorinori (2003) observou valores de 0,08 kg de Ca para cada tonelada de tubérculos durante a safra das águas e de 0,07 kg por tonelada na safra das secas, valores correspondentes a 13 e 12%, respectivamente, do acúmulo máximo total.

Na cultura da batata, a calagem é realizada principalmente para fornecer cálcio, pois o teor desse nutriente no solo está positivamente relacionado à produtividade e à qualidade dos tubérculos. Miranda Filho et al. (1990) testaram os efeitos de diferentes fontes de cálcio (calcário e gesso) na produção e qualidade dos tubérculos e na incidência de podridões, utilizando as cultivares Aracy e Itararé. Concluíram que não ocorreram diferenças entre as fontes, porém o cálcio beneficiou significativamente a produção de matéria seca e a qualidade comercial dos tubérculos das duas cultivares.

Kleinhenz & Palta (1996), mostraram a importância do cálcio no crescimento e aumento do peso médio dos tubérculos em trabalhos com calagem na cultura da batata, mostrando que esta prática aumentou em cerca de 30% a quantidade de tubérculos graúdos. O uso de adubação com 5 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 mais a aplicação de 3 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso e 1,75 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 8-30-20 mais a aplicação de 3 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso ocasionam os melhores resultados de produtividade da cultura da batata e melhor classificação dos tubérculos (JADOSKI, et al., 2010).

A resistência dos tubérculos de batata à *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica* tem sido atribuída também à alta concentração de cálcio nos tubérculos (McGUIRE & KELMAN, 1986). A aplicação de gesso foi importante para redução da incidência de sarna comum independente da formulação NPK e a aplicação da formulação NPK sem adição de gesso predispõe a cultura a uma maior ocorrência de sarna (JADOSKI et al., 2010).

### 3.4 Tuberização

O tubérculo de batata é um exemplo de caule modificado, com nós, entrenós e com um eixo muito curto e espessado, no qual ocorre acúmulo de amido em plastídeos especiais, os amiloplastos. A indução de tuberização, a iniciação e o desenvolvimento de órgãos espessados, seguidos de dormência e brotação, são etapas do ciclo de vida típico de plantas que possuem órgãos tuberosos (FIGUEIREDO-RIBEIRO et al., 2004).

A tuberização ocorre em várias espécies vegetais, sendo que órgãos de natureza determinada apresentam a propriedade de acumular substâncias de reservas em seus parênquimas primários e secundários. Segundo Ewing (1995), o armazenamento destas substâncias, acompanhado de uma hipertrofia radial do órgão afetado, caracteriza a tuberização.

A formação dos tubérculos de batata é acompanhada por alterações morfológicas e bioquímicas na planta, sendo que o início da tuberização é caracterizado pela paralisação do crescimento longitudinal e conseqüente crescimento radial da extremidade do estolão (EWING & STRUIK, 1992).

É reconhecida três etapas no desenvolvimento de tubérculos: a indução da tuberização, sem modificações morfológicas; a iniciação da tuberização, marcada pela parada do alongamento do estolão e intumescimento radial da região subapical deste, devido ao alongamento celular e divisões celulares; o crescimento do tubérculo, caracterizado pelo acúmulo de substâncias de reserva (amido); sendo um processo determinante na formação dos produtos comerciais na cultura da batata (STRUIK et al., 1999).

A tuberização em batata é controlada por fatores ambientais (luz, água e temperatura) e nutricionais os quais afetam os níveis de substâncias reguladoras do crescimento, entre as quais se destacam as giberelinas, a citocinina, o etileno e vários outros tipos de compostos orgânicos, que atuam de forma conjunta e balanceada sobre o crescimento vegetativo, manutenção dos órgãos vegetativos, crescimento e amadurecimento dos tubérculos (BALAMANI et al., 1986).

Existem muitos fatores que afetam a formação de tubérculos, mesmo as bactérias que vivem na zona de raiz podem ter influência neste processo, mas níveis de nitrogênio, temperatura e luz têm o maior efeito. Embora os efeitos globais dos vários fatores ambientais são geralmente consistentes, o genótipo, a idade fisiológica e o estado da planta podem causar variações consideráveis no grau que uma planta responde a um estímulo ambiental específico (JACKSON, 1999).

Em batata, a temperatura ótima de tuberização é cerca de 17 °C, e temperaturas, principalmente noturnas, superiores a 30 °C são inibitórias desse processo (EWING & STRUIK, 1992). Uma forte

resposta do comprimento do dia é observada em elevadas temperaturas, enquanto o controle do comprimento do dia é menos importante em baixas temperaturas (JACKSON, 1999).

A inibição da tuberização de batata por altas temperaturas parece depender de alterações nos níveis de giberelinas (níveis elevados) e inibidores endógenos, além disso, afeta a partição de assimilados, através da diminuição da quantidade indo para os tubérculos e aumentando as quantidades de outras partes da planta, efeitos semelhantes também são observados em fotoperíodos longos (JACKSON, 1999).

A resposta fotoperiódica varia entre os diferentes genótipos de batata. Enquanto variedades comerciais são relativamente insensíveis às condições do comprimento do dia, as espécies de batata silvestre como *Solanum demissum* ou algumas linhagens de *S. tuberosum ssp andigena*, são completamente dependentes do fotoperíodo para a indução do tubérculo (EWING, 1995).

Outro fator ambiental que afeta a indução da tuberização é a quantidade de nitrogênio disponível para a planta. Se, por um lado, níveis altos de nitrogênio presentes no solo reduzem a tuberização, temperaturas baixas podem inibir a absorção de nitrogênio promovendo a tuberização (JACKSON, 1999). Em solução hidropônica, mesmo sob fotoperíodo curto, a tuberização de *S. tuberosum* pode ser evitada pelo suprimento contínuo de amônia, ou promovida se o suprimento de nitrogênio for interrompido (KRAUSS, 1985). De acordo com Krauss (1978) a tuberização das plantas de batata somente ocorrem se a razão entre os hormônios promotores e inibidores na planta for alta, neste contexto o ácido abscísico (ABA) é considerado um hormônio promotor, evidências têm sido apresentadas de que o fornecimento de nitrogênio também afeta o conteúdo de ABA nas plantas de batata.

Dentre os hormônios vegetais, a giberelina tem sido indicada como inibidora da tuberização, uma vez que em condições ambientais que promovem esse processo causam decréscimo da atividade da giberelina em caules. Citocininas promovem a tuberização dos estolões através de estímulo das divisões celulares, que constituem uma das primeiras alterações morfológicas do processo de tuberização, entretanto o ABA promove a tuberização em *S. tuberosum ssp andigena*, porém inibe o acúmulo de citocinina em *S. tuberosum* inibindo a tuberização. Altos níveis de etileno também inibem a tuberização (BALAMANI, 1986; VIOLA et al., 2001; TAIZ & ZEIGER, 2004).

Estudos mostram o envolvimento do complexo cálcio e da coenzima calmodulina, no processo de tuberização. Altas concentrações de cálcio no citoplasma ativam este complexo, resultando na ativação de diversas enzimas que serão responsáveis pela indução da tuberização (JACKSON, 1999). Balamani (1986) trabalhando com pedaços de tubérculos em solução nutritiva, mostrou a influência de

substâncias antagonistas da calmodulina na inibição da tuberização, porém aumentando a concentração de cálcio ocorreu a tuberização, mostrando que este complexo interfere na tuberização; este mecanismo, porém, não está ainda completamente esclarecido.

### 3.5 Referências bibliográficas

ABBA. Associação Brasileira de Batata. **Batata, História.** Disponível em: <<http://abbabatatabrasileira.com.br/historia.htm>>. Acesso em 26 jan. 2013.

ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L.; PAULA, F.L.M.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T. Curva crítica de diluição de nitrogênio da cultivar Asterix de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1179-1184, 2006.

BALAMANI, V.; VELUTHAMBI, K.; POOVAIAH, B.W. Effect of calcium on tuberization in potato. **Plant Physiology**, v.80, p.856-858, 1986.

BANDINELLI, M.G. **Micropropagação e miniestaquia na propagação de batata.** Dissertação (Mestrado em Agronomia), Santa Maria: UFSM, 2009. 59p.

BARCELOS, D.M.; GARCIA, A.; MACIEL JÚNIOR, V.A. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um latossolo vermelho-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.21-27, 2007.

BERTSCH, F. **Absorción de nutrimentos por los cultivos.** San José, Costa Rica: ACCS, 2003. 307p.

BRASIL. Normas Gerais Para Certificação de Batata-Semente. PORTARIA n° 154, de 23 de Julho de 1987. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Brasília.

BRASIL. Normas para a Produção e a Comercialização de Material de Propagação de Batata (*Solanum tuberosum* L.) e os seus padrões. Instrução Normativa n° 32, de 20 de novembro de 2012. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Brasília.

CEPEA/ESALQ/USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Batata gestão sustentável**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/116/full.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

CHAVES, L.H.G.; PEREIRA, H.H.G. **Nutrição e adubação de tubérculos**. Campinas: Cargil, 1985. 77p.

CREAMER, N.G.; CROZIER, C.R.; CUBETA, M.A. Influence of seedpiece spacing and population on yield, internal quality, and economy performance of Atlantic, Superior, and Snowden Potato in Eastern North Carolina. **American Journal of Potato Research**, v.76, p.257-261, 1999.

CROZIER, C.R.; CREAMER, N.G.; CUBETA, M.A. 2000. Fertilizer management impacts disease, and yield of Irish potato on stand establishment. **Potato Research**, v.43, p.49-59, 2000.

EPAGRI. **Sistemas de produção para batata-consumo e batata-semente em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002, 123p.

ESCHEMBACK, V.; KAWAKAMI, J.; UMBURANAS, R.C.; ZAIAOZ, I.C.R.O.; QUEIROZ, L.R.M. Tamanho de batata-semente e espaçamento na produção de batata cultivar Ágata. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Viçosa: ABH, p.2871-2877, 2011.

EWING, E.E.; STRUIK, P.C. Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. **Horticulture Rev.** v.14, p 89-197, 1992.

EWING, E.E. The role of hormones in potato (*Solanum tuberosum*, L.) tuberization. In **Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology (Davies, P.J., ed.)**, Dordrecht: Kluwer Academic, p.698-724, 1995.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Preliminary 2011 data now available for selected countries and products**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

FELTRAN, J.C. **Adubação mineral na cultura da batata e residual no feijoeiro**. Tese (Doutorado em Agronomia), Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2005, 112p.

FELTRAN, J.C.; LEMOS, L.B. Acúmulo de nutrientes na parte aérea e nos tubérculos em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L) **In. Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Batata, 11; Seminário Nacional de Batata-semente, 7. Uberlândia, 2001. Resumos Expandidos**. Uberlândia: ABBA, 2001. p.21-25.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; SILVA, B.L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2039-2056, 2011.

FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L.; CHU, E.P.; ALMEIDA, V.P. Tuberização. In: KERBAUY, G.B. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**, p.409-420, 2006.

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

FONTES, P.C.R. **Preparo do solo, nutrição mineral e adubação da batateira**. Viçosa: UFV, 1997a, 42p.

FONTES, P.C.R. Calagem e adubação da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, v.20, p.128, 1999.

FONTES, P.C.R.; PAULA, M.B.; MIZUBUTI, A. Produtividade da batata sob influência de níveis do fertilizante 4-14-8 e do superfosfato simples. **Revista Ceres**, v.34, p.90-98, 1987.

FONTES, R.R. Preparo do solo e adubação de plantio. In: LOPES, C.A.; BUSO, J.A. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997b, 35p.

FUROMOTO, O.; LOPES, C.A. Batata-semente. In. LOPES, C.A.; BUSO, J.A. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997, 35p.

GULLUOGLU, L.; ARIOGLU, H. Effects of seed size and in-row spacing on growth and yield of early potato in a mediterranean-type environment in Turkey. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, p.535-541, 2009.

HIRANO, E. Produção de sementes. In: REIFSHENEIDER, F.J.B. **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.171-183.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australia Journal of Soil Research**, v.35, p.227-239, 1997.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Banco de dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

JACKSON, S.D. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. **Plant Physiology**, v.119, p.1-8, 1999.

JADOSKI, S.O; MAGGI, M.F.; LIMA, A.S.; VIEIRA, D.J.; WAZNE, R. Avaliação da fórmula NPK 8-30-20 com adição de gesso agrícola em comparação a adubação convencional para produção de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, p.111-115, 2010.

JENKINS, P.D.; HAKOOMAT, A. Growth of potato cultivars in response to application of phosphate fertilizer. **Annals of Applied Biology**, v.135, p.431-438, 1999.

JOERN, B.C.; VITOSHI, M.L. Influence of applied nitrogen on potato. Part I: yield, quality and nitrogen uptake. **American Potato Journal**, v.72, p.51-63, 1995.

KAWAKAMI, J.; IWANA, K. Effect of potato microtuber size on the growth and yield performance of field grown plants. **Plant Production Science**, v.15, p.144-148, 2012.

KLENHENZ, M.D.; PALTA, J.P. Combinations of growing temperature and rhizospheric calcium level differentially affect biomass accumulation and partitioning. **American Potato Journal**, v.73, p.368-376, 1996.



KRATZKE, M.G.; PALTA, J.P. Calcium accumulation in potato tubers: Role of basal roots. **HortScience**, v.21, p.1022-1024, 1986.

KRAUSS, A. Tuberization and abscisic acid content in *Solanum tuberosum* as affected by nitrogen nutrition. **Potato Research**. v.21, p.183-193, 1978.

KRAUSS, A. Interaction of nitrogen nutrition, phytohormones and tuberization. **In PH Li, ed, Potato Physiology**, Academic Press: London, p.209–231, 1985

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B.V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC (Boletim Técnico, 100), 1997. p.221-229.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.

MALLMANN, N. **Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste paranaense**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Curitiba: UFPR, 2001. 173p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

McGUIRE, N.; KELMAN, A. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora*. **Phytopathology**, v.76, p.76-401, 1986.

MIRANDA FILHO, H.S.; GRANJA, N.P.; RAMOS, V.J. Efeito do cálcio na produtividade e qualidade de dois cultivares IAC de batata. Produção e classificação. **Horticultura Brasileira**, v.8, p.53, 1990.

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.

PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2003, 567p.

PEREIRA, P.R.G.; FONTES, P.C.R. Nutrição mineral de hortaliças. In FONTES, P.C.R. (ed). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, p.39-55, 2005.

PREZOTTI, L.C.; CARMO, C.A.S.; ANDRADE NETO, A.P.M. **Nutrição mineral da batata**. Vitória: Emcapa, 1986, 44 p.

RIBAS, C. **Caracterização da fertilidade atual dos solos da região de Guarapuava - PR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Guarapuava: UNICENTRO, 2010. 52p.

REIS, J.C.S. **Cultivo de batata cv. Ágata sob diferentes doses fontes e concentrações de adubação potássica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Vitória da Conquista: UESB, 2008. 61p.

REIS JÚNIOR, R.A.; FONTES, C.R. Qualidade de tubérculos de batata em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, v.14, p.170-174, 1996.

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, p.360-364, 2001.

RYKBOST, K.A.; LOCKE, K.A. Effect of seed piece size on performance of three potato varieties in the Klamath Basin of Oregon. **American Journal of Potato Research**, v.75, p.75-82, 1999.

SANGOI, L.; KRUSE, N.D. Doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio e características agronômicas da batata em dois níveis de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1331-1343, 1994.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS, 2004, 400p.

SILVA, E.C.; SILVA, FILHO, A.V.; ALVARENGA, M.A.R. Efeito residual da adubação da batata sobre a produção do milho-verde em cultivo sucessivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2151-2155, 2000.

SILVA, V. da. **Variáveis de acidez em função da mineralogia do solo**. Dissertação (Mestrado em agronomia), Curitiba: UFPR, 2006. 84p.

STRUIK, P.C.; VREUGDENHIL, D.; VAN ECK, H.J; BACHEM, C.W; VISSER, R.G.F. Physiological and genetic control of tuber formation. **Potato Research**, v.42, p.313-331, 1999.

TAIZ, Z.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEIXEIRA, A.L.; SILVA, C.A.; PEIXOUTO, L.S.; LEPRE, A.L. Eficiência na emergência e produtividade dos diferentes tipos de batata-semente. **Scientia Agraria**, v.11, p.215-220, 2010.

VIOLA, R.; ROBERTS, A.G.; HAUPT, S.; GAZZANI, S.; HANCOCK, R.D.; MARMIROLI, N.; MACHRAY, G.C.; OPARKA, K.J. Tuberization in Potato Involves a Switch from Apoplastic to Symplastic Phloem Unloading. **The Plant Cell**, v.13, p.385–398, 2001.

ZAAG, D. E. van der. **La patata y su cultivo en los Países Bajos**. Haya - Holanda: Instituto Consultivo Holandés sobre la Patata, 1993. 76 p.

YORINORI, G.T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. Atlantic**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Piracicaba: ESALQ, 2003. 79p

WESTERMANN, D.T.; TINDALL, T.A.; JAMES, D.W.; HURST, R.L. Nitrogen and potassium fertilization on potatoes – yield and specific gravity. **American Potato Journal**, v.71, p.417-431, 1994.

## 4 ADUBAÇÃO NPK E TAMANHO DA BATATA-SEMENTE NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E RENTABILIDADE DE PLANTAS DE BATATA

### 4.1 Resumo

A cultura da batata demanda alto investimento para a sua implantação. Dentre os insumos responsáveis pelo alto custo da lavoura, destacam-se os fertilizantes e a batata-semente. O objetivo deste trabalho foi identificar o efeito de doses de fertilizantes e tamanhos de batata-sementes no crescimento, produtividade e rentabilidade da cultura da batata. O experimento foi conduzido em uma lavoura comercial de batata em Guarapuava-PR, a partir de dezembro de 2010. Os tratamentos foram constituídos de 0, 2, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante mineral 4-14-8 (parcela) e batatas-semente do tipo I e III (subparcela), arrançados em esquema de parcela subdividida, em blocos ao acaso, com três repetições. As características analisadas foram: comprimento da haste principal, número de hastes, índice de área foliar, massa fresca e número de tubérculos, avaliados aos 24, 41 e 57 dias após a emergência, além da avaliação no período da colheita, quando se avaliou a produtividade comercial, o número de tubérculos e a máxima eficiência técnica e econômica das doses de fertilizantes. Não houve interação significativa entre doses de fertilizantes e tamanhos de batata-semente em nenhuma característica analisada. As doses de fertilizantes influenciaram todas as características analisadas, sendo que, de modo geral, as maiores doses resultaram em maiores valores das características. Entretanto, as doses de fertilizantes influenciaram com menor intensidade o número de hastes, que foi a característica mais influenciada pelo tamanho da batata-semente, sendo maior em plantas oriundas de sementes do tipo I. O tamanho da batata-semente não influenciou a produtividade de tubérculos. Observou-se aumento da produtividade de tubérculos com o aumento da dose de fertilizante até a dose de 4,2 Mg ha<sup>-1</sup>, porém a máxima eficiência econômica foi atingida com 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> de fertilizante. Conclui-se, portanto, que a utilização da dose de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> e batatas-semente do tipo III resultaram na melhor opção econômica para o produtor.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum*, adubação, índice de área foliar, produção, tubérculo.

## 4.2 Abstract

### **NPK fertilization and potato tuber seed size on growth, yield and profitability of potato plants**

Potato crops need high investment for its establishment. Among the inputs responsible for the high crop cost, fertilizers and tuber seeds highlights. The objective of this work was to identify the effect of fertilizers doses and tuber seed size on growth, yield and profitability of potato crop. The experiment was done in a commercial potato crop at Guarapuava-PR, from December 2010. The treatments were 0, 2, 4 and 6 Mg ha<sup>-1</sup> of 4-14-8 mineral fertilizer (main plot) and potato seed size of type I and III (sub plot), arranged in a split-plot with three blocks. The analyzed characteristics were: main stem length, number of stems, leaf area index, fresh weight and number of tubers at 24, 41 and 57 days after emergence, and commercial yield, number of tubers and maximum technical and economical dose of fertilizers at harvest. There was no significant interaction between fertilizers dose and potato seed tuber size for any analyzed characteristic. The dose of fertilizer influenced all the analyzed plant characteristics, where, in general, the higher the dose, the higher values of the characteristics. However, the dose of fertilizers had low effect on the number of stems, which was the characteristic most influenced by the seed size; it was higher in plants from seed type I. The size of tuber seed did not influence tuber yield. It was observed increase in tuber yield with the increase of the dose of fertilizer until the dose of 4.2 Mg ha<sup>-1</sup>, but the maximum economic efficiency was achieved with 3.5 Mg ha<sup>-1</sup> of fertilizer. It is concluded, therefore, that the use of the dose of 3.5 Mg ha<sup>-1</sup> and tuber seed of type III resulted in the best economic option for the growers.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, fertilization, leaf area index, production, tubers.

### 4.3 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) ocupa a quarta posição mundial como fonte de alimento vegetal, sendo superada apenas pelo milho, arroz e trigo. O maior país produtor é a China, seguido de Rússia, Índia, Ucrânia e Estados Unidos; o Brasil ocupa a décima nona colocação, com produção de 3,91 milhões de toneladas, cultivadas em aproximadamente 149 mil ha, e produtividade média de 26 Mg ha<sup>-1</sup> (FAO, 2013). O Estado do Paraná, na safra de 2011, apresentou área de plantio de 31.175 ha com produtividade média de 25,5 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo que em Guarapuava foram cultivados 4.272 ha com produtividade média de 33,4 Mg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2013).

A cultura da batata demanda alto investimento. Atualmente, o custeio está em cerca de R\$ 25.000,00 por hectare (insumos, operações mecânicas, mão-de-obra, custos administrativos, taxas de comercialização, beneficiamento e arrendamento) na Região Sul do Brasil. Dentre os principais fatores responsáveis pelo alto custo de implantação e condução da lavoura, destacam-se os fertilizantes e a batata-semente. Juntos, estes dois itens podem representar 30% do custo total de produção (CEPEA/ESALQ/USP, 2013).

No Brasil, a batata-semente é comercializada com base na sua massa (caixas de 30 kg) e não no número de tubérculos, influenciando diretamente o custo de produção, tornando-se imprescindível o conhecimento de como as características da batata-semente influenciam o desempenho agrônomico da cultura. A decisão do produtor de adquirir e plantar batatas-semente maiores ou menores possui grande influência econômica na implantação da cultura, sendo mais vantajoso para o produtor adquirir tubérculos menores, pois assim adquire maior número de batatas-semente por caixa (FILGUEIRA, 2008).

Em estudos realizados, observou-se que tubérculos maiores podem resultar em emergência mais rápida e desenvolvimento vegetativo mais precoce, embora não influenciem o rendimento econômico; além disso, não há vantagem agrônômica em se plantar tubérculos graúdos, recomendando-se a utilização de tubérculos entre 20 e 40 g (LOPES & ROSSATO, 2011).

De cultivo complexo, ciclo curto e alta produção por área, a batateira é exigente em nutrientes, com a adubação sendo prática essencial, influenciando na quantidade e qualidade dos tubérculos (FILGUEIRA, 2008). No entanto, a quantidade dos diversos nutrientes absorvidos pela planta e extraídos pelos tubérculos dependem de uma série de fatores, ou seja, do sistema de produção como um todo (FONTES et al., 1997). É importante se conhecer o efeito da adubação no comportamento morfológico da cultura da batata, pois isto permite fornecer a quantidade necessária de adubação,

tornando o sistema produtivo viável e diminuindo custos desnecessários, sem perder, contudo em produtividade (MALLMANN, 2001).

Trabalhos têm mostrado que a cultura da batata apresenta elevada capacidade de resposta à adubação, em comparação a outras culturas. Tal comportamento pode ser atribuído ao elevado potencial de produção, ao ciclo curto e ao sistema radicular relativamente superficial dessa espécie (FONTES et al., 1997). Em função do alto potencial de resposta da batata à adubação, tem-se constatado a utilização de grandes quantidades de fertilizantes por unidade de área, chegando-se a doses de cerca de 4 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 5-20-10 (EPAGRI, 2002).

Atualmente, as adubações para a cultura da batata no Brasil são realizadas muitas vezes sem critérios técnicos pelos produtores, independente da análise de solo. Este tipo de adubação é uma recomendação adotada de forma genérica para os mais variados tipos de solo, cultivares e finalidades da produção, baseada apenas em aspectos práticos, geralmente utilizando adubações muito maiores que a preconizada pela pesquisa. O uso de fertilizantes em maiores quantidades que aquelas exigidas pelas plantas, podem resultar no aumento do custo de produção e promover o desequilíbrio nutricional da planta, além de causar contaminação do ambiente (FONTES et al., 1997). As formulações compostas de fertilizantes (NPK) 5-20-10 e 4-14-8 são as mais utilizadas para a cultura da batata. Analisando dados de diferentes países, Perrenoud (1993) verificou que as maiores produções de batata foram atingidas quando se empregaram de 200 a 300 kg de N, 100 a 200 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg de K<sub>2</sub>O, ha<sup>-1</sup>.

Apesar da grande importância da cultura em âmbito nacional, há poucas informações técnicas sobre o efeito do tamanho da batata-semente e da quantidade de fertilizantes na produtividade a campo. Devido à falta desses dados, torna-se difícil a comparação e a determinação dos efeitos de diferentes manejos no crescimento e na produtividade de batata.

Tendo em vista a disparidade existente entre a recomendação de adubação proposta pela pesquisa e a utilizada pelos produtores de batata, e a falta de informação técnica sobre o assunto, propôs-se este trabalho, tendo como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses NPK e tamanhos de batata-semente no desenvolvimento, produtividade e rentabilidade da cultura da batata.

#### **4.4 Material e método**

O experimento foi realizado no município de Guarapuava-PR, distrito da Palmeirinha, latitude 25°18' S, longitude 51°36' W e altitude de 996 m, durante a safra de 2010/11, em área de cultivo

comercial de batata, cujo solo é classificado como Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2011). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado de altitude - Cfb, caracterizado por temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), verões amenos, temperatura média no mês mais quente inferior a 22 °C, sem estação seca definida e com geadas severas (IAPAR, 2000). A temperatura média e a precipitação pluviométrica, durante o ciclo de cultivo da batata, foram semelhantes às médias dos últimos dez anos em Guarapuava, sendo que a temperatura média de dezembro a março variou de 18 a 21 °C e a precipitação pluviométrica em dezembro, janeiro, fevereiro e março foi de: 185, 210, 170 e 140 mm, respectivamente (Figura 1).

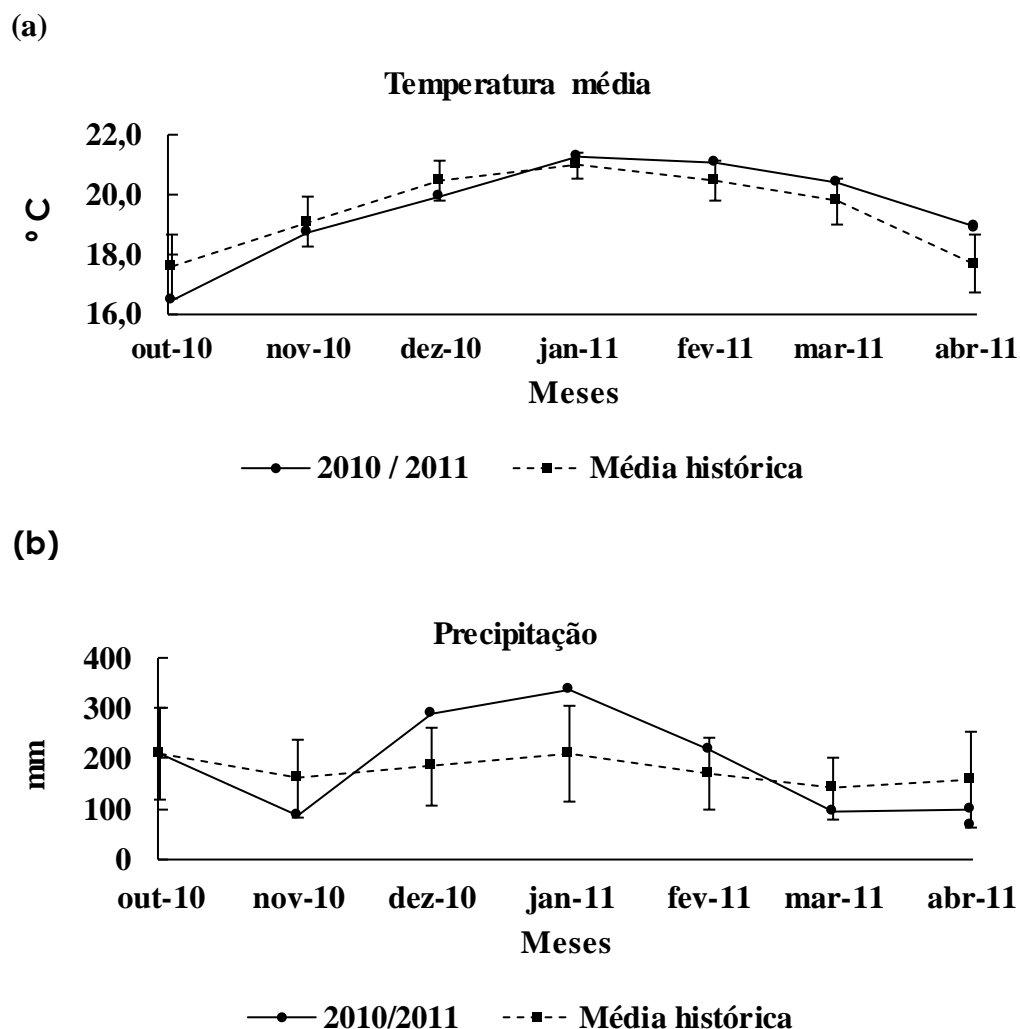
A análise granulométrica e química do solo, antes da implantação do experimento, revelou os seguintes dados para a profundidade 0-20 cm: argila=550 g kg<sup>-1</sup>; areia=170 g kg<sup>-1</sup>; silte=280 g kg<sup>-1</sup>; matéria orgânica=48,3 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O)=6,1; P (Mehlich)=2,6 mg dm<sup>-3</sup>; K=0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al=0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca=5,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg=1,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC=11,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V=66,4% (PAVAN & MIYAZAWA, 1996).

O preparo do solo foi iniciado um mês antes do plantio, com uma subsolagem e duas gradagens. Por ocasião do plantio, efetuou-se uma gradagem leve com posterior sulcamento da área experimental. O plantio dos tubérculos foi realizado no dia 08/12/2010 e após 15 dias foi realizada mecanicamente a amontoa. O controle de plantas daninhas, insetos, doenças e os demais tratamentos culturais foram realizados conforme o manejo tradicional adotado pelos produtores da região (NAZARENO et al., 1995).

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses do fertilizante NPK 4-14-8 (0, 2, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>), disponibilizados em dose total em linha antes do plantio, e duas categorias de batatas-semente (tipo I ou maiores - entre 50 e 60 mm, cerca de 110 g, e tipo III ou menores - entre 30 e 40 mm, cerca de 30 g), classe básica, cultivar Ágata, adquiridas da Embrapa Serviço de Produção de Sementes Básicas em Canoinhas (SC). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, arranjado em parcelas subdividas, sendo as doses do fertilizante distribuídas nas parcelas e os tipos de batata-semente nas subparcelas, com três repetições. Cada subparcela, medindo 4,8 m x 3,25 m, foi composta por 6 linhas, espaçadas de 0,80 m entre elas, e 13 plantas por linha, espaçadas de 0,25 m entre elas.

Nas amostragens para análise morfológica e de crescimento, retiraram-se quatro plantas inteiras de cada subparcela em três épocas, aos 24, 41 e 57 dias após a emergência (DAE), sendo observada a emergência em 70% das plantas no dia 24/12/2010. As características analisadas foram: comprimento da haste principal, número de hastes, índice de área foliar (IAF), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de folhas e contagem do número de tubérculos, com seu diâmetro transversal classificado em menor





**Figura 1.** Comparação entre os dados climáticos da média de 1999 – 2009 e da safra 2010/2011 em Guarapuava, PR: a) Temperatura; b) Precipitação.

Fonte: Estação Meteorológica do Campus CEDETEG, e IAPAR, 2012.

(iniciados) e maior (formados) que 1 cm, conforme metodologia descrita por Kawakami et al. (2003). Para determinação da MS, as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada a 70 °C, até atingirem massa constante, para posterior pesagem. O IAF foi estimado por meio da quantificação da área foliar específica de cada planta, através de fotos digitais de sub amostras de folhas, utilizando o software ImageJ 1.36b (ABRAMOFF et al., 2004) e sua respectiva MS. Após a quantificação da MS total das folhas da subparcela e a densidade de plantio, estimou-se o IAF de cada subparcela.

A maturação fisiológica das plantas ocorreu, em média, 68 DAE e 84 dias após o plantio, quando foram coletadas manualmente 12 plantas por subparcela, sendo os tubérculos colhidos

divididos em duas categorias: não-comerciais (tubérculos menores que 45 mm) e comerciais (maiores que 45 mm), sendo contados e pesados. Os tubérculos comerciais foram divididos em três classes: até 100 g, entre 100 e 200 g e maiores que 200 g, anotando-se seu número e MF.

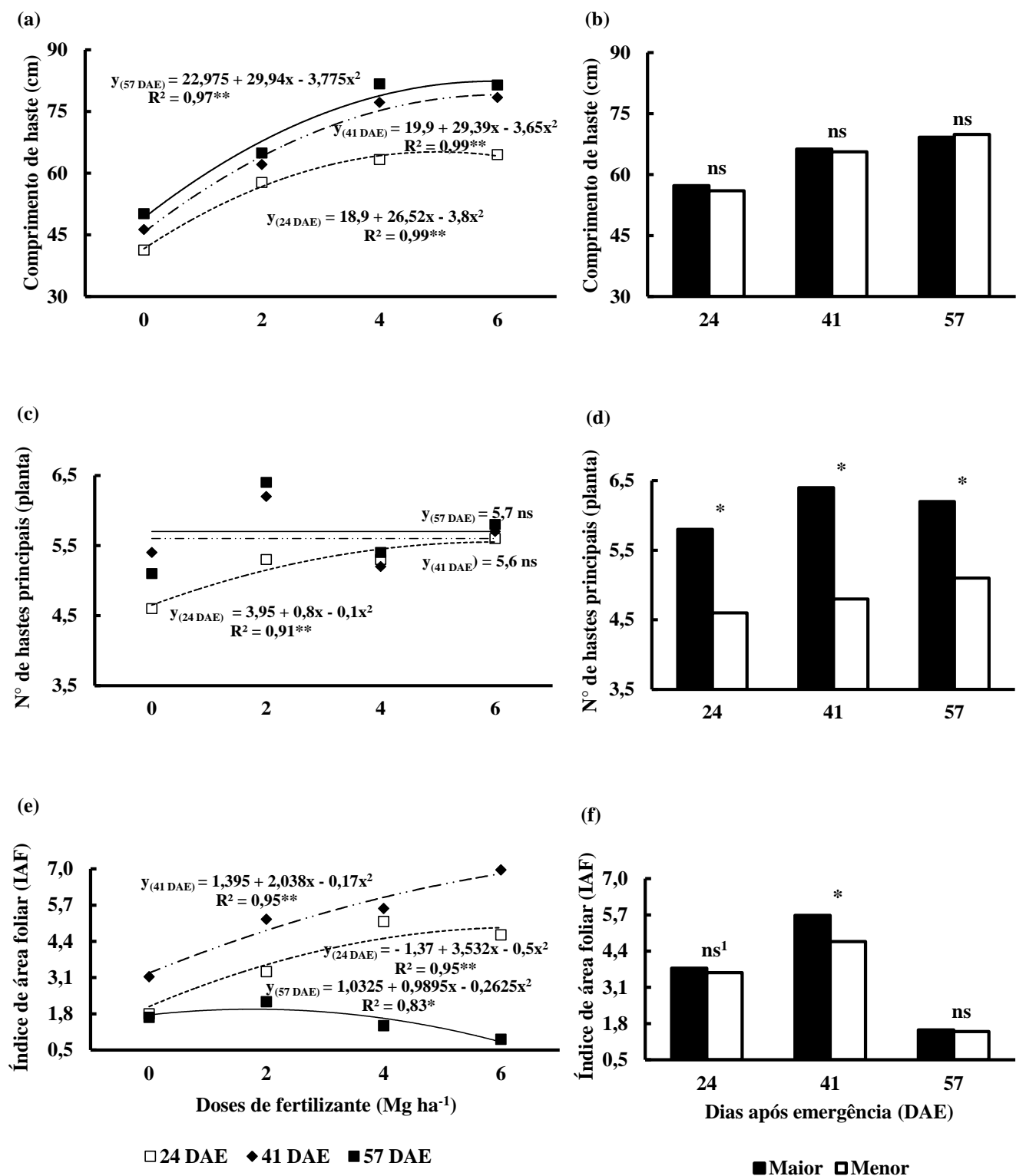
Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão em função das doses do fertilizante, utilizando o pacote estatístico Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2002). Com os dados de produtividade, estimou-se a dose de máxima eficiência agrônômica (DMEA), através da metodologia de Silva et al. (2007), e obteve-se a dose de máxima eficiência econômica (DMEE) utilizando-se o modelo obtido, em que se igualou a derivada primeira da função com a relação de preços do formulado NPK (4-14-8) e da batata, obtidos em março de 2011 para Guarapuava-PR, sendo adotados os valores de R\$ 880,00 Mg<sup>-1</sup> e R\$ 645,00 Mg<sup>-1</sup>, respectivamente (CEPEA/ESALQ/USP, 2013).

#### **4.5 Resultado e discussão**

Nas condições deste trabalho não se verificou interação entre tamanho de batata-semente e dose de fertilizante para as características avaliadas, nas três épocas de avaliação e na colheita. Este resultado confronta uma crença entre os produtores de batata, de que, quanto maior o tamanho da batata-semente, menor a quantidade de nutrientes a ser fornecida, uma vez que a reserva nutricional das batatas-semente maiores supririam inicialmente a planta, necessitando-se então de menor dose de fertilizante. Porém, essa hipótese não é corroborada pelos resultados do presente estudo, pois não se encontrou interação entre dose do fertilizante e tamanho de batatas-semente.

Estudos realizados com microtubérculos (0,5 g), em comparação com batatas-semente convencionais (50 g), mostraram que mesmo as batatas-semente muito pequenas, adubadas com a mesma quantidade de fertilizante que as batatas-semente maiores, não apresentam grandes diferenças em produtividade, independentemente das classes de maturação das cultivares e das épocas de plantio (KAWAKAMI et al., 2003; 2004; 2005). Por esses resultados, conclui-se que não compensa aumentar a dose de fertilizante quando se utilizam batatas-semente menores e vice-versa.

A adubação com doses crescente de 4-14-8 resultaram em plantas mais altas que aquelas não adubadas (testemunha), nas três épocas amostradas (Figura 2a). Estudos mostraram aumento da altura de plantas com o aumento das doses de nitrogênio no início do desenvolvimento da cultura da batata, porém aos 70 DAE não houve diferença entre as maiores doses de nitrogênio em relação à altura de plantas (OLIVEIRA, 2000). Esses resultados são coerentes com os observados no presente estudo, não havendo grandes diferenças no comprimento da haste das plantas que receberam as maiores adubações



**Figura 2.** Efeito das doses do fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanhos de batata-semente no comprimento de haste (a, b), número de hastes principais (c, d) e índice de área foliar (IAF, e, f), respectivamente, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011).

<sup>1</sup> ns: não significativo, \* e \*\*: significativos a 5 e 1%, respectivamente.

(Figura 2a) nas três épocas de avaliação. Observações visuais realizadas após a última amostragem (57 DAE) revelaram que as plantas que receberam as maiores adubações (4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup>) apresentaram um maior acamamento em relação às plantas das demais parcelas.

O tamanho da batata-semente não influenciou o comprimento da haste principal da batateira (Figura 2b), nas três avaliações realizadas. Resultados similares foram obtidos por Allen et al. (1992) que também não encontraram diferenças no crescimento de plantas (cm dia<sup>-1</sup>) comparando batata-semente de diferentes tamanhos (1 até 50 g).

Aos 24 DAE, observou-se pequeno efeito das doses de fertilizante no número de hastes principais entre as plantas que receberam diferentes doses de adubação (Figura 2c). Entretanto, nas demais avaliações (41 e 57 DAE) não houve diferença entre os tratamentos com relação às doses de adubação, sugerindo que essa característica é influenciada pela adubação apenas no início do desenvolvimento da cultura. Kumar et al. (2007) também observaram que o número de hastes não foi influenciado, variando-se as doses de potássio, em avaliações realizadas aos 65 DAE, em três anos de experimentos na Índia.

Por outro lado, o número de hastes principais das plantas diferiu com o tamanho de batata-semente, sendo que plantas oriundas de batatas-semente maiores formaram maior número de hastes em relação às menores, em todas as avaliações (24, 41 e 57 DAE) (Figura 2d). Esses dados corroboram os obtidos por Allen et al. (1992) e Teixeira et al. (2010), que verificaram que batatas-semente maiores resultaram em plantas com maior número de hastes em relação aos tipos menores. Trabalhos realizados na região do mediterrâneo, durante dois anos, mostraram que plantas originadas de batatas-semente maiores apresentaram crescimento mais abundante, provavelmente devido à emergência mais rápida e maior número de hastes principais, causando maior produção de carboidratos que serão responsáveis pelo abastecimento dos tubérculos e aumento da produção deles (GULLUOGLU & ARIOGLU, 2009).

Kawakami et al. (2006) observaram menor taxa de crescimento inicial de plantas oriundas de batatas-semente menores em relação às maiores, principalmente quando expostas a estresse hídrico; provavelmente, devido ao menor sistema radicular inicial de plantas de batata oriundas de menores sementes (Kawakami & Iwama, 2009).

Assim, a utilização de tubérculos maiores pode ser mais viável em condições não favoráveis ao plantio, como por exemplo, presença de algum estresse biótico ou abiótico, ou em plantios realizados em maiores profundidades. Por outro lado, a utilização de tubérculos menores propicia maior rendimento por área e menor custo no plantio e no armazenamento; porém, plantio com tubérculos

menores que 35 g precisam de estudos complementares para que possam ser utilizados com maior segurança no campo (O'Brien & Allen, 1992).

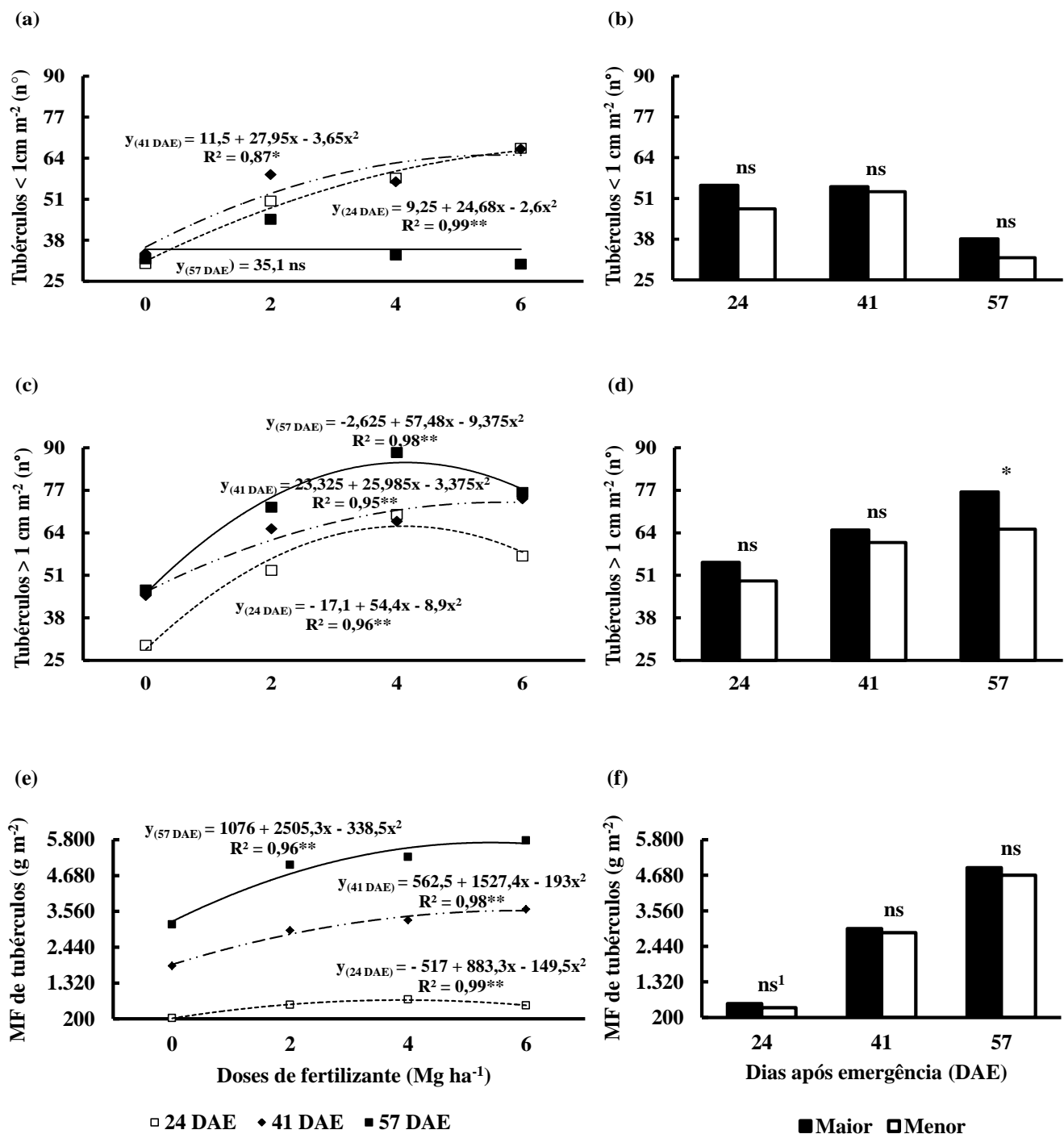
O IAF observado de plantas que receberam as maiores doses de fertilizante, 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> de fertilizante, foi similar e maior que aquele das plantas sem adubação aos 24 DAE (Figura 2e). Aos 41 DAE constatou-se aumento do IAF de acordo com o aumento da dose de fertilizante fornecida, alcançando um IAF observado de 6,9 com uma dose de fertilizante de 6 Mg ha<sup>-1</sup>. Aos 57 DAE o IAF apresentou valores menores em comparação aos anteriores (IAF máximo estimado de 2) e as maiores doses de adubo resultaram em plantas com menores IAFs.

Trabalhos com doses de N mostraram a mesma tendência do presente estudo, isto é, aumento do IAF até 45-50 DAE com o aumento das doses de fertilizante, sendo que após atingir o IAF máximo, ocorreu queda acentuada do IAF, devido ao fato dos tubérculos funcionarem como forte dreno, em detrimento da produção de MS da parte aérea (OLIVEIRA, 2000). O maior acamamento das plantas das parcelas que receberam 6 Mg ha<sup>-1</sup> de fertilizante pode ter contribuído para a diminuição do IAF destas plantas aos 57 DAE, devido a maior incidência de doenças foliares.

O tamanho do tubérculo também influenciou o IAF, que foi maior nas plantas provenientes de sementes maiores, somente aos 41 DAE (Figura 2f). Dados similares foram observados em trabalhos realizados no Peru e no Japão com quatro tamanhos de batatas-semente (1-5 g, 5-10 g, 10-20 g e 40-60 g) e utilizando microtubérculos (0,5 g) e tubérculos convencionais (50 g), respectivamente, mostrando que o IAF foi maior em plantas originadas de batatas-semente maiores, até 30-40 DAE; após esse período o IAF foi equivalente (WIERSEMA, 1989; KAWAKAMI et al., 2003). O maior valor de IAF encontrado em plantas oriundas de batatas-semente maiores ocorreu, provavelmente, devido ao maior número de hastes principais (Figura 1d), uma vez que Jefferies & Mackerron (1993) encontraram aumento do IAF em plantas que apresentaram maior densidade de hastes.

Os tubérculos iniciados (<1 cm) aos 24 e 41 DAE (Figura 3a) apresentaram respostas crescentes à adubação, isto é, plantas que receberam maiores doses de adubo iniciaram maior número de tubérculos em comparação às demais plantas, mostrando a influência da adubação no início do desenvolvimento da cultura.

Por outro lado, não se verificou diferença no número de tubérculos iniciados entre plantas originadas de sementes maiores e menores em nenhuma época de avaliação (Figura 3b). Esses dados corroboram com os obtidos por Allen et al. (1992), onde avaliaram-se batatas-semente de diferentes tamanhos (entre 5 e 120 g) não encontrando diferenças no número de tubérculos produzidos.



**Figura 3.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanhos de batata-semente no número de tubérculos menores que 1 cm (a, b), número de tubérculos maiores que 1 cm (c, d) e massa fresca de tubérculos (MF, e, f), respectivamente, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011).

<sup>1</sup> ns: não significativo, \* e \*\*: significativo a 5 e 1%, respectivamente.

O número de tubérculos formados (Figura 3c) seguiu tendência semelhante ao observado para o número de tubérculos iniciados com relação às doses de fertilizante aos 24 e 41 DAE; porém, aos 57 DAE também observou-se resposta das plantas à adubação, diferentemente do que ocorreu para os tubérculos iniciados. Estes resultados sugerem que, neste estágio de desenvolvimento da cultura (57 DAE), o enchimento dos tubérculos formados é um dreno mais forte de fotoassimilados em comparação à iniciação de novos tubérculos.

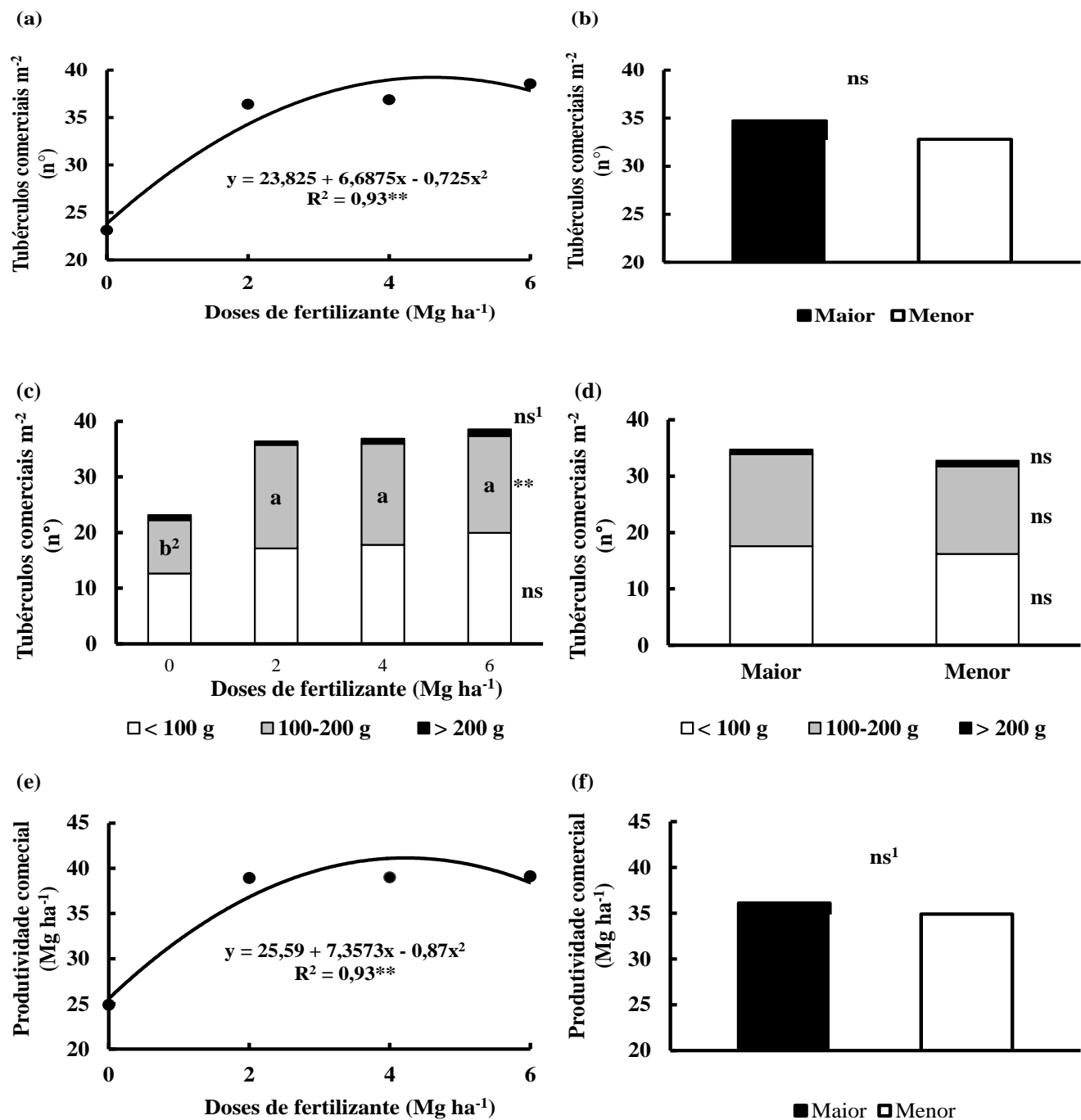
O tamanho da batata-semente influenciou o número de tubérculos formados aos 57 DAE (figura 3d), sendo que plantas oriundas de batatas-semente maiores apresentaram maior número de tubérculos formados em relação às menores. Provavelmente, isso foi devido ao maior número de hastes principais e IAF produzido por plantas de batata-semente maiores aos 41 DAE, mostrando que a produtividade da cultura da batata relaciona-se diretamente com a rapidez com que as plantas atingem o IAF máximo (PEREIRA & MACHADO, 1987).

A MF de tubérculos foi influenciada positivamente pelas doses de fertilizante fornecidas, em todas as avaliações, provavelmente devido ao maior número de tubérculos formados (Figura 3c) e ao maior IAF (Figura 2e) das plantas adubadas (Figura 3e). Constata-se que a diferença na MF de tubérculos devido à dose de fertilizante fornecida aumentou conforme as plantas se desenvolveram, sendo essa diferença maior aos 57 DAE do que aos 24 DAE.

Já o tamanho da batata-semente não influenciou a MF de tubérculo em nenhuma das épocas de avaliação (Figura 3f). Uma vez que plantas de batatas-semente maiores formaram maior número de tubérculos aos 57 DAE, conclui-se que os tubérculos formados pelas plantas desse tipo de batata-semente eram menores que aquelas oriundas das menores. Kleinhenz & Bennett (1992) também não encontraram diferença na MF de tubérculos, comparando plantas oriundas de batatas-sementes entre 35 e 58 g, em três períodos de avaliação.

Houve aumento do número de tubérculos comerciais na colheita com o aumento da adubação, até a dose de  $4,6 \text{ Mg ha}^{-1}$  de NPK, ponto de máxima eficiência agrônômica (Figura 4a). Constatou-se que a principal diferença no número de tubérculos comerciais formados entre as plantas não adubadas e adubadas foi na classe entre 100 e 200 g (Figura 4c).

Essa diferença pode ser observada no início de desenvolvimento da cultura, sendo que aos 24 DAE já se constatava diferença entre as plantas adubadas ou não em relação ao número de tubérculos iniciados e formados (Figuras 3a, 3c, respectivamente), evidenciando a influência da adubação nessa característica já no estágio inicial de desenvolvimento da cultura.



**Figura 4.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanhos de batata-semente no: número de tubérculos comerciais (a, b), número de tubérculos comerciais entre as classes de tamanho (c, d) e produtividade comercial (e, f), respectivamente, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava-PR (2010/2011).

<sup>1</sup> ns: não significativo, \*\*: significativo a 1%.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra entre as classes de tamanho dos tubérculos, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.



O tipo de batata-semente não influenciou o número de tubérculos comerciais (Figura 4b) e suas classes (Figura 4d) na colheita final. Trabalhos conduzidos por Wurr (1975) mostraram que o número e o tamanho dos tubérculos produzidos dependem da competição entre hastes por luz, nutrientes e água, que pode acarretar na diminuição do tamanho ou massa média dos tubérculos comerciais produzidos. Entretanto, apesar da maior quantidade de hastes formadas por plantas de batatas-semente maiores em relação às menores (Figura 2d), não se observou diferença nas classes dos tubérculos colhidos, sugerindo que não foi expressiva a competição das hastes das plantas por luz, nutrientes e água. Resultados semelhantes foram observados por Kawakami & Iwama (2012), que não observaram diferença no número de tubérculos na colheita entre plantas de batata oriundas de quatro ou cinco tamanhos diferentes de sementes em dois anos.

A maior produtividade comercial estimada (Figura 4e) foi de 41,1 Mg ha<sup>-1</sup> na dose de 4,2 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK. Para altos rendimentos, a extração de nutrientes é relativamente alta, estimando-se para uma produção de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de tubérculos, a extração de aproximadamente 8 kg de K<sub>2</sub>O; 5,3 kg de N e 1,2 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; além desses, têm-se valores para exportações aproximados de 4 kg de K<sub>2</sub>O, 3,3 kg de N e 1,0 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (NAVA et al., 2007). Para uma adubação de 4 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 4-14-8, quantidade que muitos bataticultores costumam utilizar, fornecem-se 160, 560 e 320 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. Considerando a produtividade média obtida no experimento de 35,5 Mg ha<sup>-1</sup>, e analisando os dados de exportação dos nutrientes, fica evidente que, mesmo considerando que uma parte do fertilizante não fique disponível à planta, quer seja devido à fixação ao solo, caso do fósforo, quer seja pela perda, casos do nitrogênio e do potássio, a necessidade nutricional da planta está sendo suprida pelo fertilizante, com sobras. Silva et al. (2001) corroboram esta inferência, concluindo ser viável o cultivo do feijão-de-vagem aproveitando apenas o resíduo de 4 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-16-8 fornecido à cultura da batata antecessora.

Entretanto, há necessidade de se refletir sobre DMEE dos fertilizantes, e que no caso do estudo conduzido, considerando-se a produção comercial, a DMEE foi de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-14-8 (Figura 4e), valor abaixo da DMEA com valor de 4,2 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-14-8. Porém, deve-se salientar que esses valores foram obtidos com base em preços pontuais, devendo-se observar a sazonalidade do mercado em função da compra de fertilizantes e venda de batatas, isto é, dependendo da condição do mercado, a dose de máxima eficiência econômica pode aumentar (alta relação: preço batata / preço fertilizante) ficando mais próxima da dose de máxima eficiência agrônômica, ou diminuir (baixa relação: preço batata / preço fertilizante).

Nota-se com esses valores que a adubação comumente realizada pelos produtores na região de Guarapuava (4 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-14-8), está próxima da DMEA, visando obter altas produtividades. Porém, deve-se levar em consideração o preço do fertilizante, pois comparando-se a dose utilizada pelo produtor e a DMEE, obtêm-se uma diferença de 0,5 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK, gerando uma redução no custo de produção. Trabalhos foram conduzidos por Queiroz et al. (2012) considerando o preço da batata e do fertilizante a partir de 2005 até 2011, revelaram que a DMEE (utilizando-se a equação de regressão obtida neste experimento) variou entre 3,27 e 3,94 Mg ha<sup>-1</sup> de fertilizante, estando abaixo da DMEA, podendo gerar uma economia de até R\$ 802,98 ha<sup>-1</sup> em comparação à adubação comumente usada pelo produtor (4 Mg ha<sup>-1</sup>).

O tipo de batata-semente também não influenciou a produtividade comercial (Figura 3f), mostrando ser essa uma característica influenciada apenas pela adubação. Em trabalhos realizados em Ohio (EUA), não se encontrou efeito do tamanho da batata-semente utilizada no plantio (35, 43, 51 e 58 g) na produtividade final de tubérculos (KLEINHENZ & BENNETT, 1992). Resultados de 20 experimentos conduzidos em Suffolk, Inglaterra, mostraram não haver diferença na produtividade de tubérculos, provenientes de batatas-semente de 10 e 37,5 g (O'BRIEN & ALLEN, 1992). Kawakami et al. (2004) também não encontraram diferenças no número de tubérculos comerciais em relação ao tamanho de batata-semente utilizado, em quatro anos de pesquisa.

#### 4.6 Conclusões

Em relação aos resultados obtidos neste trabalho, nota-se a influência das doses de fertilizante nas características analisadas e conseqüentemente na produtividade, porém o tamanho da batata-semente não interferiu na produtividade, não havendo interação entre as doses de fertilizantes e o tamanho de batata-semente.

Nas condições deste estudo, a utilização de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 4-14-8 e batatas-semente entre 30 e 40 mm e cerca de 30 g, tipo III, resultaram na melhor opção econômica para o produtor.

#### 4.7 Referências bibliográficas

ABRAMOFF, M.D.; MAGALHÃES, P.J.; RAM, S.J. Image processing with ImageJ. **Biophotonics International**, v.11, p.36-42, 2004.

ALLEN, E.J.; O'BRIEN, P.J.; FIRMAN, D. An evaluation of small seed for ware-potato production. **Journal of Agricultural Science**, v.118, p.185-193, 1992.

CEPEA/ESALQ/USP - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Batata gestão sustentável**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/95/full.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

EMBRAPA. **O novo mapa de solos do Brasil, legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67p.

EPAGRI. **Sistemas de produção para batata-consumo e batata-semente em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. 123p.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Preliminary 2010 data now available for selected countries and products**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

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

FONTES, P.C.R.; ROCHA, F.A.T.; MARTINEZ, H.E.P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função de adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, v.15, p.104-107, 1997.

GULLUOGLU, L.; ARIOGLU, H. Effects of seed size and in-row spacing on growth and yield of early potato in a mediterranean-type environment in Turkey. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, p.535-541, 2009.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. Londrina: formato digital, 1 CD.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

JEFFERIES, R.A.; MACKERRON, D.K.L. Response of potato genotypes to drought. Leaf area index, growth and yield. **Annals of Applied Biology**, v.122, p.105-112, 1993.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; HASEGAWA, T.; JITSUYAMA, Y. Growth and yield of potato grown from microtubers in fields. **American Journal of Potato Research**, v.80, p.371-378, 2003.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; HASEGAWA, T.; JITSUYAMA, Y.; ZHENG, X. Effect of cultivar maturity period on the growth and yield of potato plants grown from microtubers and conventional seed tubers. **American Journal of Potato Research**, v.81, p.327-333, 2004.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; JITSUYAMA, Y. Effect of planting date on the growth and yield of two potato cultivars grown from microtubers and conventional seed tubers. **Plant Production Science**, v.8, p.74-78, 2005.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; JITSUYAMA, Y. Soil water stress and the growth and yield of potato plant grown from microtubers and conventional seed tubers. **Field Crops Research**, v.95, p.89-96, 2006.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K. Comparação do crescimento e produtividade a campo entre microtubérculos de batata de diferentes tamanhos. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.2, p.173-178, 2009.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K. Effect of potato microtuber size on the growth and yield performance of field grown plants. **Plant Production Science**, v.15, p.144-148, 2012.

KLEINHENZ, M.D.; BENNETT, M.A. Growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars Atlantic and Monona as influenced by seed type and size. **American Potato Journal**, v.69, p.117-129, 1992.

KUMAR, P.; PNDEY, S.K.; SINGH, B.P.; SINGH, S.V.; HUMAR, D. Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. **Potato Research**, v.50, p.1-13, 2007.

LOPES, C.A.; ROSSATO, M. Tamanho do tubérculo-semente de batata não interfere na manifestação da murcha bacteriana. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.250-252, 2011.

MALLMANN, N. **Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste paranaense**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Curitiba: UFPR, 2001. 173p.

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.

NAZARENO, N.R.X.; BRISOLA, A.D., ZANDONA, J.C. **Uso de agroquímicos na cultura da batata em Curitiba e Guarapuava**. Curitiba: Iapar, 1995. 55p.

O'BRIEN, P.J.; ALLEN, E.J. Effects of seed crop husbandry, seed source, seed tuber weight and seed rate on the growth of ware potato crops. **Journal of Agricultural Science**, v.119, p.335-366, 1992.

OLIVEIRA, C.A.S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.939-950, 2000.

PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. **Análises químicas de solo: parâmetros para interpretação**. Londrina: Iapar, 1996. 46p

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1987. 33p.

PERRENOUD, S. **Potato: fertilizer for yield and quality**. Berne: International Potash Institute, 1993. 53p.

QUEIROZ, L.R.M.; KAWAKAMI, J.; MULLER, M.M.L.; ESCHEMBACK, V. Avaliação de doses de fertilizante 04-14-08 para máxima eficiência econômica e agrônômica na cultura da batata. **In: 52º Congresso Brasileiro de Olericultura, 52. Anais do 52º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Salvador: ABH, 2012.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, p.71-78, 2002.

SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; MIRANDA, G.V. Modelos estatísticos para descrever a produtividade de batata em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.360-364, 2007.

SILVA, E.C.; SILVA FILHO, A.V.; ALVARENGA, M.A.R. Efeito residual da adubação efetuada no cultivo da batata sobre a produção do feijão-de-vagem. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.312-315, 2001.

TEIXEIRA, A.L.; SILVA, C.A.; PEIXOUTO, L.S.; LEPRE, A.L. Eficiência na emergência e produtividade dos diferentes tipos de batata-semente. **Scientia Agraria**, v.11, p.215-220, 2010.

WIERSEMA, S.G. Comparative performance of three small seed tuber sizes and standard size seed tubers planted at similar stem densities. **Potato Research**, v.32, p.81-89, 1989.

WURR, D.C.E. Relationships between sprouting characters and stem development in two main crop varieties. **Potato Research**, v.18, p.83-91, 1975.

## 5 CRESCIMENTO E TUBERIZAÇÃO INICIAIS DE PLANTAS DE BATATA EM FUNÇÃO DE DOSES DE NPK E GESSO

### 5.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso do gesso agrícola como fonte de cálcio, visando à complementação de doses mais baixas do fertilizante NPK 4-14-8. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com cobertura plástica, no *Campus* CEDETEG da Universidade Estadual do Centro Oeste em Guarapuava – PR, em julho/agosto e agosto/setembro de 2012, 1º e 2º experimento, respectivamente. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de fertilizante (0, 2, 4, 6 Mg ha<sup>-1</sup>) do formulado NPK 4-14-8 (12% Ca), mais três tratamentos com 2 Mg ha<sup>-1</sup> do mesmo formulado suplementado com doses de 0,6; 1,2 e 1,8 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola (20% Ca). Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e 5 repetições. Cada unidade experimental foi formada por um vaso com um tubérculo, sendo utilizada a batata-semente do tipo III da cultivar Ágata. Foram coletados dados, para ambos os experimentos, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE), analisando o comprimento da haste principal, número de nós por haste e número de hastes principais. Aos 21 DAE, além das análises citadas anteriormente, foram coletados dados referentes à área foliar (AF), massa seca (MS) total (folha, haste e tubérculo), massa fresca (MF) e MS de tubérculos formados e contagem do número de tubérculos formados e iniciados. As doses do fertilizante não influenciaram o número de hastes principais e o número de nós por haste, porém o comprimento da haste e AF foram maiores em plantas adubadas em relação à testemunha, no segundo experimento. O número de tubérculos iniciados apresentou uma mesma tendência, tanto no 1º como no 2º experimento, apresentando respostas à adubação e à suplementação de cálcio, isto é, plantas que receberam maiores doses de cálcio iniciaram maior número de tubérculos em comparação às demais plantas. Nas condições deste estudo, a utilização de 2 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 4-14-8 complementado a com doses de 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola resultou em época de iniciação de tubérculos semelhante à obtida com as doses de 4 e 6 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 4-14-8.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum*, iniciação de tubérculos, sulfato de cálcio.

## 5.2 Abstract

### **Initial growth and tuberization in potato plant as a function of rates of NPK and gypsum**

The objective of this study was to evaluate the efficiency of the use of gypsum as a source of calcium supplementation to lower doses of fertilizer NPK 4-14-8. The experiment was conducted in a plastic greenhouse in Campus CEDETEG of Midwestern State University in Guarapuava, Parana State, in July/August and August/September 2012, 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> experiment, respectively. The treatments consisted of four fertilizer rates (0, 2, 4, 6 Mg ha<sup>-1</sup>) of formulated NPK 4-14-8, and 2 Mg ha<sup>-1</sup> of the same formulated supplemented with doses of 0.6; 1.2 and 1.8 Mg ha<sup>-1</sup> of gypsum (20% Ca). It was adopted a completely randomized design with 7 treatments and 5 replications. Each experimental unit consisted of a vase, and a tuber, using the seed potato cultivar Agata of type III. Data were collected at 7, 14 and 21 days after emergence, analyzing the length of the main stem, number of nodes and number of main stems. At 21 DAE besides the mentioned parameters, leaf area (LA), total dry weight (DW) (leaf, stem and tuber), fresh weight (FW) and DW of formed tubers and the number of tubers formed and initiated were recorded. The fertilizer rates did not affect the number of main stems and number of nodes per stem, but the stem length and LA was greater for fertilized plants compared to control, in the second experiment. The number of tubers initiated showed the same tendency in both the 1<sup>st</sup> and the 2<sup>nd</sup> experiment showing responses to fertilization and calcium supplementation, i.e., plants treated with higher doses of calcium initiated greater number of tubers as compared to other plants. In this work conditions, the use of 2 Mg ha<sup>-1</sup> of 4-14-8 fertilizer supplemented with doses of 1.2 Mg ha<sup>-1</sup> of gypsum resulted in time of tuber initiation similar to that obtained with doses of 4 and 6 Mg ha<sup>-1</sup> of 4-14-8 fertilizer.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, tuber initiation, calcium sulfate.



### 5.3 Introdução

Os bataticultores brasileiros frequentemente não adotam critérios técnico-científicos na correção do solo e na nutrição mineral da planta (VIEIRA & SUGIMOTO, 2002). Isso pode comprometer a produtividade e afetar significativamente o custo de produção, sendo que o fertilizante pode representar 13% do custo total de produção (CEPEA/ESALQ/USP, 2013). Em função do alto potencial de resposta da batata à adubação, tem-se constatado a utilização de grandes quantidades de fertilizante por unidade de área, chegando-se a doses de cerca de 4 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 5-20-10; além disso, o uso de quantidades maiores de fertilizantes que aquelas exigidas pelas plantas, podem resultar no aumento do custo de produção e promover o desequilíbrio nutricional da planta, além de causar contaminação do ambiente (FONTES et al., 1997), sendo comum verificar, após a colheita da batata, a presença visível de grânulos não dissolvidos de fertilizantes não aproveitados pela cultura no solo.

A tuberização em plantas de batata é controlada por fatores ambientais e nutricionais, os quais podem afetar os níveis de substâncias endógenas (hormônios vegetais). Noites frias e dias curtos promovem tuberização. Em contrapartida, dias longos, temperaturas noturnas elevadas e altas doses de nitrogênio atrasam o início do processo, altas doses de cálcio em meio celular resulta na ativação de várias enzimas (e.g., calmodulina), que estimulam a tuberização (BALAMANI et al., 1986). Além disso, o cálcio é o terceiro elemento mais absorvido pela cultura, sendo fundamental para o processo de tuberização e crescimento dos tubérculos (PAIVA et al., 1983; FILGUEIRA, 2008).

Além do efeito na tuberização e na qualidade dos tubérculos, o cálcio distribuído no perfil do solo apresenta um importante papel na criação de condições para o sistema radicular das plantas se aprofundarem e crescerem, possibilitando uma maior absorção de água e nutrientes pelas suas raízes. Com a aplicação de gesso agrícola é possível diminuir a saturação do alumínio nas camadas mais profundas do solo, além do fornecer cálcio, pois quimicamente o gesso constitui-se de sulfato de cálcio bi hidratado (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), composto de no mínimo 16% de Ca e 13% de S (SOUSA & LOBATO, 2004).

Trabalhos realizados com calcário e silicatos de cálcio e magnésio com relação à nutrição das plantas demonstraram efeito do corretivo utilizado no aumento do teor de nitrogênio e fósforo nas folhas devido ao aprofundamento da sistema radicular e neutralização do alumínio ocasionando uma absorção maior dos nutrientes pelas plantas (PULZ et al., 2008).

Dessa forma objetivou-se avaliar a eficiência do uso do gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre, visando à complementação de doses mais baixas do fertilizante NPK 4-14-8, a fim de se obter número de tubérculos iniciados semelhante ao alcançado com o uso de 4 Mg ha<sup>-1</sup> ou mais de NPK na cultura da batata.

#### 5.4 Material e método

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação com cobertura plástica, no *Campus* CEDETEG da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO) em Guarapuava – PR, em agosto e setembro de 2012, 1º e 2º experimentos, respectivamente. Utilizaram-se vasos plásticos pretos contendo 12 dm<sup>3</sup> de solo de textura argilosa, coletado na camada arável (0 a 20 cm), de uma propriedade rural no município de Guarapuava - PR, distrito da Palmeirinha, latitude 25°18' S, longitude 51°36' W e altitude de 996 m, em área de cultivo comercial de batata, cujo solo é classificado como Latossolo Bruno (EMBRAPA, 2011). A análise química do solo, antes da implantação do experimento, revelou os seguintes dados: matéria orgânica=45,8 g kg<sup>-1</sup>; pH (em água)=5,9; P (Melich)=3,1 mg dm<sup>-3</sup>; K=0,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al=0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca=5,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg=3,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC=13,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V=68,5%.

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses (0, 2, 4, 6 Mg ha<sup>-1</sup>) do formulado NPK 4-14-8 (12% Ca), e três combinações da dose de 2 Mg ha<sup>-1</sup> do mesmo formulado suplementado com 0,6; 1,2 e 1,8 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola (20% Ca), fornecendo 120, 240 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio, sendo essas doses calculadas para se obter 0,5; 1 e 1,5 vezes a quantidade de cálcio fornecida pela diferença entre a quantidade padrão (dose comumente utilizada pelos produtores da região de Guarapuava) de 4 Mg ha<sup>-1</sup> e 2 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 4-14-8. As quantidades de fertilizante e gesso foram calculadas por área, de acordo com a dose de fertilizante desejada para um hectare e a dimensão da área superficial do vaso. A irrigação foi realizada manualmente conforme a necessidade da cultura, a temperatura entre 12 de julho e 21 de setembro dentro da casa de vegetação apresentou um valor médio de 23,5 °C.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e 5 repetições. Cada unidade experimental foi formada por um vaso de 25 cm de altura e de diâmetro com um tubérculo, sendo utilizada batata-semente entre 30 e 40 mm, cerca de 30 g, cultivar Ágata, adquirida da Embrapa Serviço de Produção de Sementes. A quantidade total de fertilizantes foi disponibilizada em pré-plantio e incorporada ao solo do vaso.

Foram coletados dados, para ambos os experimentos, aos 7, 14 e 21 dias após a emergência (DAE) de 70% das plantas, registrando-se o comprimento da haste principal, número de nós por haste e número de hastes principais. Aos 21 DAE além das análises citadas anteriormente, foram coletados dados referentes à área foliar (AF), MS total (folha, haste e tubérculo) das plantas, MF e MS de tubérculos formados e contagem do número de tubérculos, com seu diâmetro transversal, menor (iniciados) e maior (formados) que 1 cm, conforme metodologia descrita por Kawakami et al. (2003). Para determinação da MS, as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada a 70 °C, até atingirem massa constante, para posterior pesagem. A AF foi estimada através da quantificação da AF de cada planta medida por fotos digitais de sub amostras das folhas (KAWAKAMI et al., 2003), utilizando o software ImageJ 1.36b (ABRAMOFF et al., 2004).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade, utilizando o pacote estatístico Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2002).

## **5.5 Resultado e discussão**

Para a variável comprimento de haste principal (Tabelas 1 e 2) houve diferenças significativas no 1º experimento apenas aos 21 DAE, sendo que no 2º experimento houve diferença significativa nas três coletas de dados, sendo que plantas que não receberam adubação apresentaram menor altura quando comparadas às plantas que foram adubadas. Estudos mostraram um aumento da altura de plantas com o aumento das doses de nitrogênio (doses variando entre 40 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio) no início do desenvolvimento da cultura (OLIVEIRA, 2000).

O número de hastes por planta (Tabelas 1 e 2) não diferiu entre os tratamentos nos dois experimentos, apresentando em média um número de 5,3 e 5,9 hastes principais por planta, para o 1º e 2º experimento, respectivamente. Segundo Souza (2003) o número de hastes por planta está diretamente relacionado com o tamanho do tubérculo semente utilizado, bem como com a sua condição de brotação no momento do plantio, não apresentando relação com as doses de adubação. Kumar et al. (2007) também observaram que o número de hastes não foi influenciado, variando-se as doses de potássio, em avaliações realizadas aos 65 DAE, em três anos de experimentos na Índia, corroborando com os dados do presente estudo.

Para o número de nós por haste principal (Tabelas 1 e 2) não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos em ambos os experimentos, e constatou-se um aumento do número

**Tabela 1.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no comprimento de haste, número de hastes principais e número de nós por haste em plantas de batata (cultivar Ágata), plantio 12/07/2012, Guarapuava-PR (2012).

| Adubação<br>NPK (4-14-8)<br>+ Gesso<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ) | 1° Coleta - 7 DAE               |  |                                    | 2° Coleta - 14 DAE              |  |                                       | 3° Coleta - 21 DAE              |  |                                       |
|---|---------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|
|   | Comprimento<br>de haste<br>(cm) | Hastes<br>principais<br>por planta<br>(n°) | Nós por<br>haste<br>principal (n°) | Comprimento<br>de haste<br>(cm) | Hastes<br>principais<br>por planta<br>(n°) | Nós por<br>haste<br>principal<br>(n°) | Comprimento<br>de haste<br>(cm) | Hastes<br>principais<br>por planta<br>(n°) | Nós por<br>haste<br>principal<br>(n°) |
| 0   | 16,8                            | 4,6  | 7,6                                | 34,0                            | 4,8  | 10,4                                  | 42,6 b <sup>2</sup>             | 4,6  | 11,4                                  |
| 2   | 18,2                            | 4,6  | 7,0                                | 38,0                            | 4,6  | 10,4                                  | 50,4 a                          | 4,6  | 13,0                                  |
| 2 + 0,6   | 16,6                            | 5,0  | 7,2                                | 37,8                            | 5,0  | 11,2                                  | 50,4 a                          | 5,0  | 13,0                                  |
| 2 + 1,2   | 21,6                            | 5,4  | 7,0                                | 41,0                            | 5,4  | 11,4                                  | 50,8 a                          | 5,4  | 13,0                                  |
| 2 + 1,8   | 21,0                            | 5,6  | 7,4                                | 40,2                            | 5,6  | 10,8                                  | 50,6 a                          | 5,6  | 12,8                                  |
| 4   | 19,4                            | 6,0  | 6,8                                | 40,4                            | 5,2  | 11,8                                  | 54,2 a                          | 5,2  | 13,4                                  |
| 6   | 17,2                            | 6,0  | 6,6                                | 35,4                            | 6,2  | 9,8                                   | 47,8 a                          | 6,0  | 12,8                                  |
| ANOVA   | ns <sup>1</sup>                 | ns   | ns                                 | ns                              | ns   | ns                                    | *                               | ns   | ns                                    |

<sup>1</sup> ns: não significativo e \*: significativo a 5%.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no comprimento de haste, número de hastes principais e número de nós por haste em plantas de batata (cultivar Ágata), plantio 20/08/2012, Guarapuava-PR (2012).

| Adubação<br>NPK (4-14-8)<br>+ Gesso<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ) | 1° Coleta - 7 DAE               |  |                                    | 2° Coleta - 14 DAE              |  |                                       | 3° Coleta - 21 DAE              |  |                                       |
|---|---------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|
|   | Comprimento<br>de haste<br>(cm) | Hastes<br>principais<br>por planta<br>(n°) | Nós por<br>haste<br>principal (n°) | Comprimento<br>de haste<br>(cm) | Hastes<br>principais<br>por planta<br>(n°) | Nós por<br>haste<br>principal<br>(n°) | Comprimento<br>de haste<br>(cm) | Hastes<br>principais<br>por planta<br>(n°) | Nós por<br>haste<br>principal<br>(n°) |
| 0   | 8,8 b <sup>2</sup>              | 3,6  | 5,2                                | 24,2 b                          | 3,6  | 9,0                                   | 25,4 b                          | 3,6  | 9,0                                   |
| 2   | 14,6 a                          | 7,2  | 5,6                                | 33,0 a                          | 7,4  | 10,4                                  | 35,4 a                          | 7,4  | 10,8                                  |
| 2 + 0,6   | 12,8 a                          | 6,0  | 5,0                                | 32,4 a                          | 6,0  | 10,6                                  | 32,8 a                          | 6,0  | 10,6                                  |
| 2 + 1,2   | 14,6 a                          | 5,0  | 5,6                                | 33,2 a                          | 5,2  | 10,2                                  | 34,0 a                          | 5,2  | 10,2                                  |
| 2 + 1,8   | 12,8 a                          | 5,8  | 5,6                                | 32,4 a                          | 5,8  | 10,8                                  | 34,0 a                          | 5,4  | 10,8                                  |
| 4   | 11,6 a                          | 6,0  | 5,6                                | 32,8 a                          | 6,6  | 10,8                                  | 35,6 a                          | 6,6  | 10,8                                  |
| 6   | 12,4 a                          | 7,0  | 5,6                                | 32,6 a                          | 7,2  | 10,8                                  | 36,5 a                          | 7,2  | 10,8                                  |
| ANOVA   | **                              | ns <sup>1</sup>                            | ns                                 | **                              | ns   | ns                                    | *                               | ns   | ns                                    |

<sup>1</sup> ns: não significativo, \* e \*\*: significativos a 5 e 1%, respectivamente.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

médio de nós da 1° para 3° coleta, isto é, de 6,3 a 11,6 nós por haste principal. Este resultado mostra que esta característica avaliada não é influenciada pela adubação, sendo um fator intrínseco da variedade em questão. O menor comprimento de haste em plantas não adubadas, relacionado ao mesmo número de nós por planta em todos os tratamentos, pode resultar numa pior distribuição de luz nas folhas destas plantas e influenciar na fotossíntese e, conseqüentemente, no crescimento e

produtividade destas plantas. Entretanto, como na prática dificilmente o produtor irá cultivar uma lavoura sem a aplicação de adubos, esta condição dificilmente irá ser encontrada em campos comerciais de produção.

A AF não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos no 1º experimento (Tabela 3), apresentando um valor médio de  $0,23 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ , porém, no 2º experimento (Tabela 4) houve diferença significativa entre plantas não adubadas e adubadas, sendo que a AF alcançou um valor médio de  $0,09 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$  para testemunha e  $0,19 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$  para os demais tratamentos. O período de tempo decorrido desde a emergência até a estabilização da AF deve ser o suficiente para permitir o crescimento em iguais proporções de todos os órgãos da planta. Melo et al. (2003), em estudos do crescimento da cultivar Ágata, encontraram valores máximos de IAF entre 3 e 4 aos 45-50 DAE, explicando em partes, o fato de não haver grandes diferenças entre os tratamentos, devido a coleta ter sido realizada aos 21 DAE, pois as plantas estão em fase de crescimento e não atingiram ainda o ponto máximo de crescimento foliar.

O número de tubérculos iniciados (Tabelas 3 e 4) apresentou tendência semelhante tanto no 1º como no 2º experimento, apresentando respostas à adubação, isto é, plantas que receberam maiores doses de adubo iniciaram maior número de tubérculos em comparação às demais plantas, sendo que os tratamentos de  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  do formulado NPK combinado com doses de  $1,2$  e  $1,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso agrícola,  $4$  e  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$  do mesmo formulado NPK, apresentaram maior número de tubérculos iniciados em comparação aos demais tratamentos. Porém, entre estes tratamentos não houve diferença significativa, sugerindo que uma adubação com  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  suplementada com  $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de gesso agrícola apresentou um mesmo efeito na iniciação de tubérculos que o tratamento com  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

O número de tubérculos formados no 1º experimento (Tabela 3) seguiu tendência semelhante ao observado para o número de tubérculos iniciados em resposta às doses de fertilizante, porém o tratamento com  $6 \text{ Mg ha}^{-1}$  não apresentou diferenças significativa em relação à testemunha. Conforme Borchartt (2010), a dose de  $104 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio foi suficiente para atender a demanda de nitrogênio necessária ao potencial produtivo da cultura da batata para o número de tubérculos, porém a partir dessa quantidade houve diminuição, provavelmente devido à ocorrência de desequilíbrio nutricional provocado pelo excesso de nitrogênio. No 2º experimento (Tabela 4) não se observou efeito dos tratamentos que receberam adubação.

Conforme observado no capítulo anterior, houve aumento do número de tubérculos comerciais na colheita com o aumento da adubação, até a dose de  $4,6 \text{ Mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8 (Figura 3a), sendo que essa diferença pode ser observada já no início de desenvolvimento da cultura. Aos 24 DAE já se

**Tabela 3.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no número de tubérculos iniciados e formados, massa fresca (MF) de tubérculos formados, massa seca (MS) de tubérculos formados, MS total (folha, haste e tubérculo) e área foliar (AF) de plantas de batata (cultivar Ágata), plantio 12/07/2012, Guarapuava-PR (2012).

| Adubação  |                         | 3° Coleta - 21 DAE  |        |            |            |        |
|---|-------------------------|---------------------|--------|------------|------------|--------|
| NPK (4-14-8)<br>+ Gesso<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ) | AF<br>(m <sup>2</sup> ) | Tubérculos (n°)     |        | MF         | MS         | MS     |
|   |                         | < 1 cm              | > 1 cm | tubérculos | tubérculos | Total  |
|   |                         |                     |        | > 1 cm (g) | > 1 cm (g) | (g)    |
| 0   | 0,28                    | 16,4 b <sup>2</sup> | 9,0 b  | 13,2       | 2,1        | 26,8 b |
| 2   | 0,23                    | 22,0 b              | 10,4 b | 18,7       | 3,7        | 30,9 b |
| 2 + 0,6   | 0,21                    | 19,8 b              | 9,2 b  | 14,0       | 2,4        | 29,7 b |
| 2 + 1,2   | 0,20                    | 31,4 a              | 12,2 a | 19,9       | 3,2        | 34,4 a |
| 2 + 1,8   | 0,33                    | 27,4 a              | 13,8 a | 20,5       | 3,8        | 34,2 a |
| 4   | 0,20                    | 27,2 a              | 14,0 a | 19,2       | 3,4        | 35,7 a |
| 6   | 0,18                    | 32,8 a              | 9,0 b  | 13,4       | 2,3        | 34,1 a |
| <b>ANOVA</b>                                      | ns <sup>1</sup>         | **                  | *      | ns         | ns         | **     |

<sup>1</sup> ns: não significativo, \* e \*\*: significativos a 5 e 1%, respectivamente.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e gesso agrícola no número de tubérculos iniciados e formados, massa fresca (MF) de tubérculos formados, massa seca (MS) de tubérculos formados, MS total (folha, haste e tubérculo) e área foliar (AF) de plantas de batata (cultivar Ágata), plantio 20/08/2012, Guarapuava-PR (2012).

| Adubação  |                         | 3° Coleta - 21 DAE |        |            |                 |        |
|---|-------------------------|--------------------|--------|------------|-----------------|--------|
| NPK (4-14-8)<br>+ Gesso<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ) | AF<br>(m <sup>2</sup> ) | Tubérculos (n°)    |        | MF         | MS              | MS     |
|   |                         | < 1 cm             | > 1 cm | tubérculos | tubérculos      | Total  |
|   |                         |                    |        | > 1 cm (g) | > 1 cm (g)      | (g)    |
| 0   | 0,08 b <sup>2</sup>     | 9,8 b              | 8,2 b  | 41,8 b     | 7,4             | 17,8 c |
| 2   | 0,19 a                  | 12,2 b             | 18,4 a | 76,1 a     | 8,4             | 30,8 b |
| 2 + 0,6   | 0,21 a                  | 12,4 b             | 18,0 a | 74,2 a     | 8,0             | 29,8 b |
| 2 + 1,2   | 0,17 a                  | 16,2 a             | 16,8 a | 77,2 a     | 8,2             | 30,3 b |
| 2 + 1,8   | 0,17 a                  | 16,0 a             | 16,2 a | 74,2 a     | 8,2             | 29,0 b |
| 4   | 0,20 a                  | 15,4 a             | 19,2 a | 69,3 a     | 8,3             | 30,7 b |
| 6   | 0,19 a                  | 19,2 a             | 19,2 a | 77,7 a     | 8,7             | 36,5 a |
| <b>ANOVA</b>                                      | *                       | **                 | **     | **         | ns <sup>1</sup> | **     |

<sup>1</sup> ns: não significativo, \* e \*\*: significativos a 5 e 1%, respectivamente.

<sup>2</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

constatava diferença entre as plantas adubadas ou não em relação ao número de tubérculos iniciados e formados (Figura 2a e 2b), evidenciando a influência da adubação nessa característica já no estágio inicial de desenvolvimento da cultura.

Para a MF de tubérculos formados (Tabelas 3 e 4) verificou-se uma pequena influência da adubação, pois houve diferença significativa apenas no 2º experimento, entre os tratamentos adubados e a testemunha, provavelmente devido à coleta de dados ter sido realizada aos 24 DAE, onde os tubérculos encontravam-se ainda em fase inicial de enchimento. Trabalho realizado por Pulz et al. (2008), avaliando a aplicação de corretivos de solo e tensão da água no solo, demonstraram influência dos tratamentos na massa de tubérculos, onde as maiores doses de corretivos apresentaram os maiores valores para MF de tubérculos, mas não no número de tubérculos por planta.

A MS de tubérculos formados não apresentou diferenças entre os tratamentos (Tabelas 3 e 4), porém a MS total de plantas apresentou resposta à adubação, onde plantas adubadas obtiveram valores maiores em comparação aos tratamentos sem adubação no 2º experimento. Já no 1º experimento plantas que receberam 2 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK e 2 Mg ha<sup>-1</sup> do mesmo fertilizante combinado com 0,6 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso, não diferem da testemunha. Esta resposta à adubação observada na produção de MS foi, provavelmente, devido ao maior comprimento de haste alcançado por estas plantas (Tabelas 1 e 2), permitindo um melhor aproveitamento da radiação solar, visto que o número de nós foi semelhante entre os tratamentos.

## 5.6 Conclusões

O uso de doses de gesso agrícola pode ser uma alternativa viável para complementar a adubação NPK na cultura da batata, de forma a garantir um bom número de tubérculos iniciados com menor quantidade de fertilizante utilizado e consequentemente diminuição do custo de produção.

Em condições de casa de vegetação, a utilização de 2 Mg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 4-14-8 combinado com 1,2 e 1,8 Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola apresentou efeito semelhante à utilização de maiores doses do fertilizante na iniciação de tubérculos.

## 5.7 Referências bibliográficas

ABRAMOFF, M.D.; MAGALHÃES, P.J.; RAM, S.J. Image processing with ImageJ. **Biophotonics International**, v.11, p.36-42, 2004.

BALAMANI, V.; VELUTHAMBI, K.; POOVAIAH, B.W. Effect of calcium on tuberization in potato. **Plant Physiology**, v.80, p.856-858, 1986.

BORCHARTT, L. 2010. **Adubação Orgânica e mineral nos componentes de produção e produtividade de batata, cultivados em neossolo regolítico**. Dissertação (Mestrado em agronomia), Areia: UFPB, 2010. 60p.

CEPEA/ESALQ/USP - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Batata gestão sustentável**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/95/full.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

EMBRAPA. **O novo mapa de solos do Brasil, legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67p.

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

FONTES, P.C.R.; ROCHA, F.A.T.; MARTINEZ, H.E.P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função de adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, v.15, p.104-107, 1997.

KAWAKAMI, J.; IWAMA, K.; HASEGAWA, T.; JITSUYAMA, Y. Growth and yield of potato grown from microtubers in fields. **American Journal of Potato Research**, v.80, p.371-378, 2003.

KUMAR, P.; PNDEY, S.K.; SINGH, B.P.; SINGH, S.V.; HUMAR, D. Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. **Potato Research**, v.50, p.1-13, 2007.

MELO, P.C.T.; PINTO, C.A.B.P.; GRANJA, N.P.; MIRANDA FILHO, H.S.; SUGAWARA, A.C.; OLIVEIRA, R.F. Análise do crescimento da cultivar de batata “Ágata”. **In: 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, 43. Anais do 43º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Recife: ABH, v.21, p.323-324, 2003.



OLIVEIRA, C.A.S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.939-950, 2000.

PAIVA, E.; LISTER, R.M.; PARK, W.D. Induction and accumulation of major tuber proteins of potato in stems and petioles. **Plant Physiology**, v. 71, p. 161-168, 1983.

PULZ, A.L.; CRUSCIOL, C.A.C.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1651-1659, 2008.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, p.71-78, 2002.

SOUZA, Z.S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, S.A.; DANIEL, S.J. **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, p.80-104, 2003.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa, p.81-95, 2004.

VIEIRA, F.C.; SUGIMOTO, L.S. Importância da Adubação na Cultura da Batata. ABBA, Associação Brasileira da Batata. **Batata Show**, v. 2, p. 16-17, 2002.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos resultados obtidos neste trabalho, nota-se a influência das doses de fertilizante nas variáveis analisadas e conseqüentemente na produtividade final, porém o tamanho do tubérculo-semente não interferiu na produtividade final, não havendo interação entre as doses de fertilizante e o tamanho do tubérculo-semente.

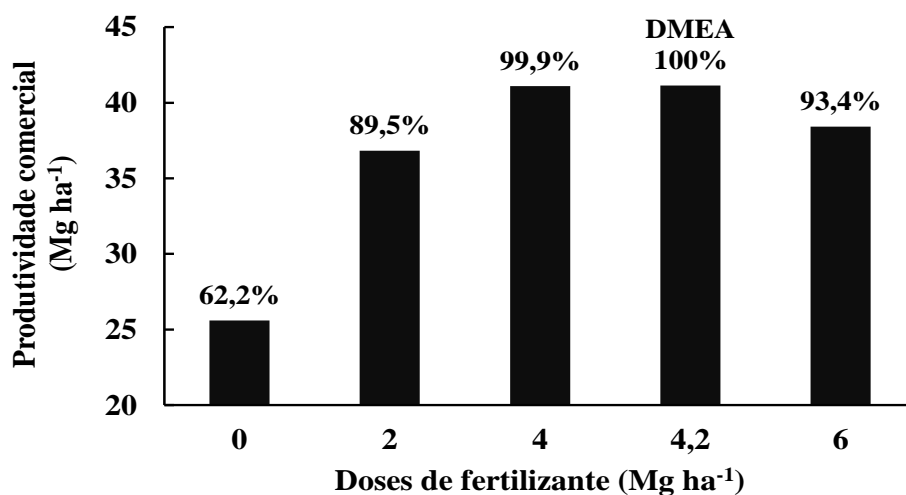
Como não se verificou interação significativa entre doses de fertilizante e tamanhos de tubérculo-semente, dentro do intervalo avaliado, pode-se negligenciar o tamanho da semente nos experimentos futuros de calibrações de adubação, desde que a cultura seja manejada de modo a não enfrentar grandes estresses.

Além disso, a ausência do efeito do tamanho do tubérculo-semente nas condições deste experimento sugere a produção de sementes menores, podendo o produtor encurtar o ciclo da cultura (em condições de campos destinados a semente), realizando a dessecação da cultura de forma antecipada, diminuindo a probabilidade de incidência de vírus, além de trazer vantagens econômicas ao produtor.

Há necessidade de se refletir sobre a máxima eficiência econômica (DMEE) das doses de fertilizante, e que no caso do estudo conduzido, em março 2011, considerando a produção comercial obtida, foi de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-14-8, valor abaixo da dose de máxima eficiência agrônômica (DMEA) com 4,2 Mg ha<sup>-1</sup>. Nota-se com esses valores que a adubação comumente realizada pelos produtores na região de Guarapuava (4 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-14-8) está muito próxima da DMEA, visando obter altas produtividades.

Porém, deve-se levar em consideração o preço do fertilizante, pois se comparando a dose utilizada pelo produtor e a dose de máxima eficiência econômica, obtêm-se uma diferença de 0,5 Mg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK, gerando uma redução no custo de produção. Entretanto, com uma adubação de 2 Mg ha<sup>-1</sup> obtêm-se 89,5% da produção obtida com a utilização da DMEA (Figura 5).

Deve-se levar em consideração que no presente estudo utilizaram-se formulações prontas de fertilizante, isto é, a proporção entre os constituintes da fórmula NPK não variaram entre si. Portanto há necessidade da realização de estudos variando as doses de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio separadamente, para verificar qual é o elemento com maior impacto na produtividade.

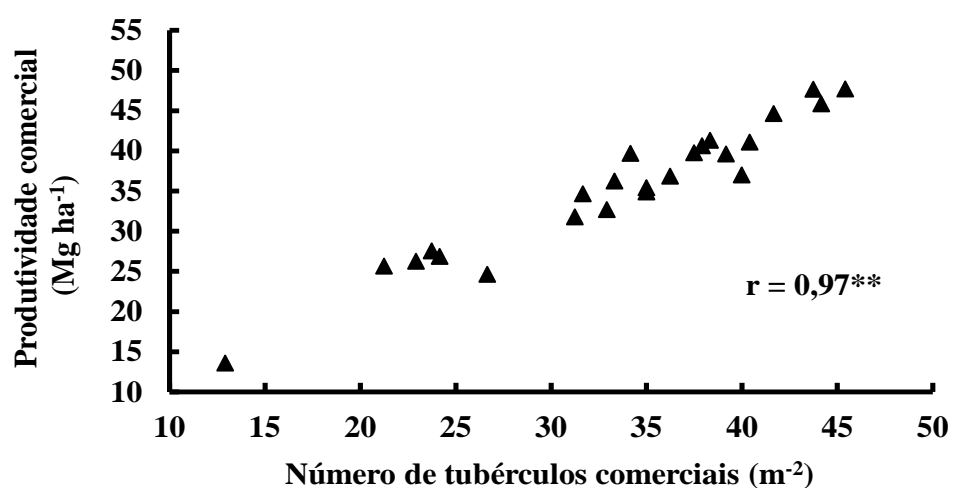


**Figura 5.** Efeito das doses de fertilizante na produtividade comercial de tubérculos em comparação a dose de máxima eficiência agrônômica (DMEA), em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava (2010/2011).

Com relação ao magnésio e ao enxofre não é comum termos recomendação de fertilização com estes elementos para a cultura da batata. Parte disso é devido ao fato destes elementos serem geralmente fornecidos em conjunto com outros elementos, caso do fornecimento de magnésio pela calagem utilizando calcário dolomítico e do enxofre por alguns adubos fosfatados como o super simples ou nitrogenados como o sulfato de amônio.

Com relação à produtividade comercial, nota-se que neste experimento este parâmetro foi fortemente correlacionado com o número de tubérculos (Figura 6), com um coeficiente de Pearson de 0,97. Esses dados mostram a importância do número de tubérculos na produtividade, e sua resposta à adubação, logo no início do desenvolvimento da cultura.

Trabalhos a campo devem ser realizados para verificar se a utilização de doses mais baixas de fertilizante complementada com cálcio resulta em iniciação de tubérculos semelhante ao obtido com maiores doses de fertilizante (i.e., 4 Mg ha<sup>-1</sup>) e se isso se reverte em produtividade semelhante ou maior. Caso essa menor adubação complementada com gesso seja eficiente na iniciação de tubérculos e isso leve a uma produtividade equivalente a obtida com maiores doses de fertilizante, pode se tornar uma alternativa viável ao produtor na busca de uma adubação mais eficiente técnica e economicamente.



**Figura 6.** Correlação entre a produtividade comercial e o número de tubérculos comerciais obtidos na colheita, em plantas de batata (cultivar Ágata) cultivadas em Guarapuava (2010/2011).

\*\* : significativo a 1%.

Os resultados obtidos nesses experimentos devem ser considerados específicos para cultivar e condições de solo e clima semelhantes, necessitando serem ajustados para outras situações.