

QUEIROZ LRM; KAWAKAMI J; MULLER MML; OLIARI ICR; UMBURANAS RC; ESCHEMBAK V. 2013. Adubação NPK e tamanho da batata-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade de plantas de batata. *Horticultura Brasileira* 31: 119-127.

Adubação NPK e tamanho da batata-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade de plantas de batata

Luiz Raphael de M Queiroz; Jackson Kawakami; Marcelo ML Muller; Ires Cristina R Oliari; Renan C Umburanas; Vlandiney Eschemback

UNICENTRO, R. Simeão Camargo Varela de Sá, 85040-080 Guarapuava-PR; luizraphaelqueiroz@yahoo.com.br; jkawakami@unicentro.br; mmuller@unicentro.br; irescristina21@hotmail.com; renan.umburanas@yahoo.com.br; vlandiney@hotmail.com

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 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 t ha⁻¹ do fertilizante mineral 4-14-08 (parcela) e batatas-semente do tipo I e III (subparcela), arranjados em esquema de parcela subdividida, em blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliados o comprimento da haste principal, número de hastes, índice de área foliar, massa fresca e número de tubérculos, aos 24, 41 e 57 dias após a emergência, além de quantificar a produtividade comercial e o número de tubérculos no período da colheita. Calculou-se também 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 4,2 t ha⁻¹, porém a máxima eficiência econômica foi atingida com 3,5 t ha⁻¹ de fertilizante. Conclui-se, portanto, que a utilização da dose de 3,5 t ha⁻¹ 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.

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 seeds stand out. We identified the effect of fertilizer doses and tuber seed size on growth, yield and profitability of potato crop. The experiment was carried out in a commercial potato field at Guarapuava, Paraná state, Brazil, beginning on December 2010. The treatments were 0, 2, 4 and 6 t ha⁻¹ of mineral fertilizer (main plot) and potato seeds 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 marketable yield, number of tubers and maximum technical and economical doses of fertilizers at harvest. There was no significant interaction between fertilizer doses and potato seed tuber size for any analyzed characteristic. The doses of fertilizer influenced all the analyzed plant characteristics, where, in general, the higher dose resulted in higher values of the characteristics. However, the dose of fertilizers had low effect on the number of stems, which was the most influenced characteristic by the seed size; it was higher in plants from seed type I. The size of tuber seeds did not influence tuber yield. Tuber yield increased with increasing doses of fertilizer up to the dose of 4.2 t ha⁻¹, but the maximum economic efficiency was achieved with 3.5 t ha⁻¹ of fertilizer. It is concluded, therefore, that the use of 3.5 t ha⁻¹ of fertilizers and potato-seed type III resulted in the best economic option for the growers.

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

(Recebido para publicação em 20 de abril de 2012; aceito em 8 de fevereiro de 2013)
(Received on April 20, 2012; accepted on February 8, 2013)

A batata (*Solanum tuberosum*) ocupa a quarta posição mundial como fonte de alimento vegetal, sendo superada apenas pelo milho, arroz e trigo. O país maior produtor é a China, seguido da Rússia, Índia, Ucrânia e Estados Unidos; o Brasil ocupa a décima nona

colocação, com produção de 3,5 milhões de t, cultivadas em aproximadamente 139 mil ha, e produtividade média de 25 t ha⁻¹ (FAO, 2011). O estado do Paraná, na safra de 2010, apresentou área de plantio de 30.000 ha com produtividade média de 24 t ha⁻¹, sendo que na região

de Guarapuava foram cultivados 2.995 ha com produtividade média de 28 t ha⁻¹ (IBGE, 2011).

A cultura da batata demanda alto investimento, sendo que atualmente a lavoura custa cerca de R\$ 20.000,00 por ha (insumos, operações mecânicas,

mão-de-obra, custos administrativos, taxas de comercialização e 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 mais de 30% do custo total de produção (CEPEA/ESALQ/USP, 2011).

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 agrônomo 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).

Estudos comprovaram 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 agrônoma 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, as quantidades 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 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 produção (Mallmann, 2001).

Trabalhos têm mostrado que a cultura da batata apresenta elevada capacidade de resposta à adubação, em compara-

ção 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 t ha⁻¹ 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, portanto sendo uma recomendação adotada de forma genérica para os mais variados tipos de solo, cultivares e finalidades da produção, baseado apenas em aspectos práticos, geralmente utilizando adubações muito maiores que a preconizada pela pesquisa. O uso de maiores quantidades 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). 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 P₂O₅ e 100 kg de K₂O/ha.

Apesar da grande importância de Guarapuava na produção nacional de batata, 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 na região.

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 NPK em diferentes doses e tamanhos de batatas-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade da cultura da batata.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Guarapuava (25,3°S, 51,6°O, altitude 996 m), durante a safra de 2010/11, em área de cultivo comercial de batata, cujo solo é classificado como Latossolo Bruno (Embrapa, 2006). O clima, durante o ciclo de cultivo da batata, foi semelhante à média dos últimos dez anos em Guarapuava (IAPAR, 2000). 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. 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. A análise física e química do solo, antes da implantação do experimento, revelou: argila= 550 g kg⁻¹; areia= 170 g kg⁻¹; silte= 280 g kg⁻¹; matéria orgânica= 48,3 g kg⁻¹; pH (em água)= 6,1; P= 2,6 mg dm⁻³; K= 0,3 cmol_c dm⁻³; Al= 0,0 cmol_c dm⁻³; Ca= 5,4 cmol_c dm⁻³; Mg= 1,9 cmol_c dm⁻³; CTC= 11,4 cmol_c dm⁻³ e V= 66,4%.

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses do formulado NPK 4-14-8 (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹), disponibilizados em dose total em linha antes do plantio, e duas categorias de batatas-semente (tipo I ou maiores, entre 50 e 60 mm, 110 g e tipo III ou menores, entre 30 e 40 mm, 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, sendo os fertilizantes compostos as parcelas e os tipos de batatas-semente, as subparcelas, arranjados em parcelas subdivididas, com três repetições. Cada subparcela foi composta por 6 linhas, espaçadas de 0,80 m entre elas e 13 plantas por linha, espaçadas de 0,25 m entre elas, medindo 4,8 x 3,25 m, respectivamente, totalizando 15,6 m². O plantio dos tubérculos foi realizado em 08/12/10 e, após 15 dias foi realizada mecanicamente a amontoa. O controle de plantas daninhas, insetos, doenças e demais tratamentos culturais foram realizados conforme o manejo tradicional adotado

pelos produtores da região.

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 em 24/12/10. Foram avaliados o 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 longitudinal, 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. O IAF foi estimado por meio da quantificação da área foliar específica de cada planta medida por 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 108 dias após o plantio, quando foram coletadas manualmente 12 plantas por subparcela, sendo os tubérculos divididos em duas categorias: não-comerciais (<45 mm) e comerciais (>45 mm) e anotados seus números e MF. Os tubérculos comerciais foram divididos em três classes: até 100 g, 100 a 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 de fertilizantes, utilizando o pacote estatístico Assisat (Silva & Azevedo, 2002). Com os dados de produtividade, realizou-se a análise de regressão, estimou-se a dose de máxima eficiência agrônômica, através da metodologia de Silva *et al.* (2007) e obteve-se a dose de máxima eficiência econômica, utilizando-se o modelo quadrático, 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, sendo adotados os valores de R\$ 880,00/t e R\$ 645,00/t, respectivamente (CEPEA/ESALQ/USP, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições deste trabalho não se verificou interação entre tamanho de batatas-semente e doses de fertilizantes para as características avaliadas nas três épocas de avaliação e na colheita final.

Existe uma tendência entre os produtores de batata, de que, quanto maior for o tamanho da batata-semente, menor a quantidade de fertilizantes fornecida, uma vez que a reserva nutricional das maiores batatas-semente supririam inicialmente a planta, necessitando-se então de menor dose de fertilizantes. Porém, essa hipótese não é corroborada com os resultados do presente estudo, pois não se encontrou interação entre

Tabela 1. Equações dos parâmetros avaliados em função de diferentes doses de fertilizante (NPK) 4-14-8, em plantas de batata cultivadas na safra 2010/11 (equations of the evaluated parameters with different rate of compound fertilizer (NPK) 4-14-8, on potato plants grown in 2010/11 cropping season). Guarapuava, UNICENTRO, 2010-2011.

| Parâmetro avaliado | Dias após emergência/época | Equação | R ² |
|--|----------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Comprimento de haste (cm) | 24 | $y = 18,9 + 26,52x - 3,8x^2$ | 0,99** |
| | 41 | $y = 19,9 + 29,39x - 3,65x^2$ | 0,99** |
| | 57 | $y = 22,975 + 29,945x - 3,77x^2$ | 0,97** |
| Hastes principais/planta (n°) | 24 | $y = 3,95 + 0,8x - 0,1x^2$ | 0,91** |
| | 41 | $y = 5,275 + 0,365x - 0,075x^2$ | 0,04 ^{ns} |
| | 57 | $y = 4,275 + 1,235x - 0,225x^2$ | 0,28 ^{ns} |
| Índice de área foliar (IAF) | 24 | $y = -1,37 + 3,532x - 0,5x^2$ | 0,95** |
| | 41 | $y = 1,395 + 2,038x - 0,17x^2$ | 0,95** |
| | 57 | $y = 1,0325 + 0,9895x - 0,2625x^2$ | 0,83** |
| Tubérculos <1cm/m ² (n°) | 24 | $y = 9,25 + 24,68x - 2,6x^2$ | 0,99** |
| | 41 | $y = 11,5 + 27,95x - 3,65x^2$ | 0,87** |
| | 57 | $y = 19,898 + 17,639x - 3,8525x^2$ | 0,58 ^{ns} |
| Tubérculos >1cm/m ² (n°) | 24 | $y = -17,1 + 54,4x - 8,9x^2$ | 0,96** |
| | 41 | $y = 23,325 + 25,985x - 3,375x^2$ | 0,95** |
| | 57 | $y = -2,625 + 57,485x - 9,375x^2$ | 0,98** |
| Massa fresca de tubérculos (g/m ²) | 24 | $y = -517 + 883,3x - 149,5x^2$ | 0,99** |
| | 41 | $y = 562,5 + 1527,4x - 193x^2$ | 0,98** |
| | 57 | $y = 1076 + 2505,3x - 338,5x^2$ | 0,96** |
| Tubérculos comerciais/m ² (n°) | Colheita | $y = 23,825 + 6,6875x - 0,725x^2$ | 0,94** |
| Produtividade comercial (t/ha) | Colheita | $y = 25,59 + 7,3573x - 0,87x^2$ | 0,93** |

ns= não significativo, *,**significativo a 5 e 1%, respectivamente (ns= not significant, *,**significant at 5 and 1%, respectively).

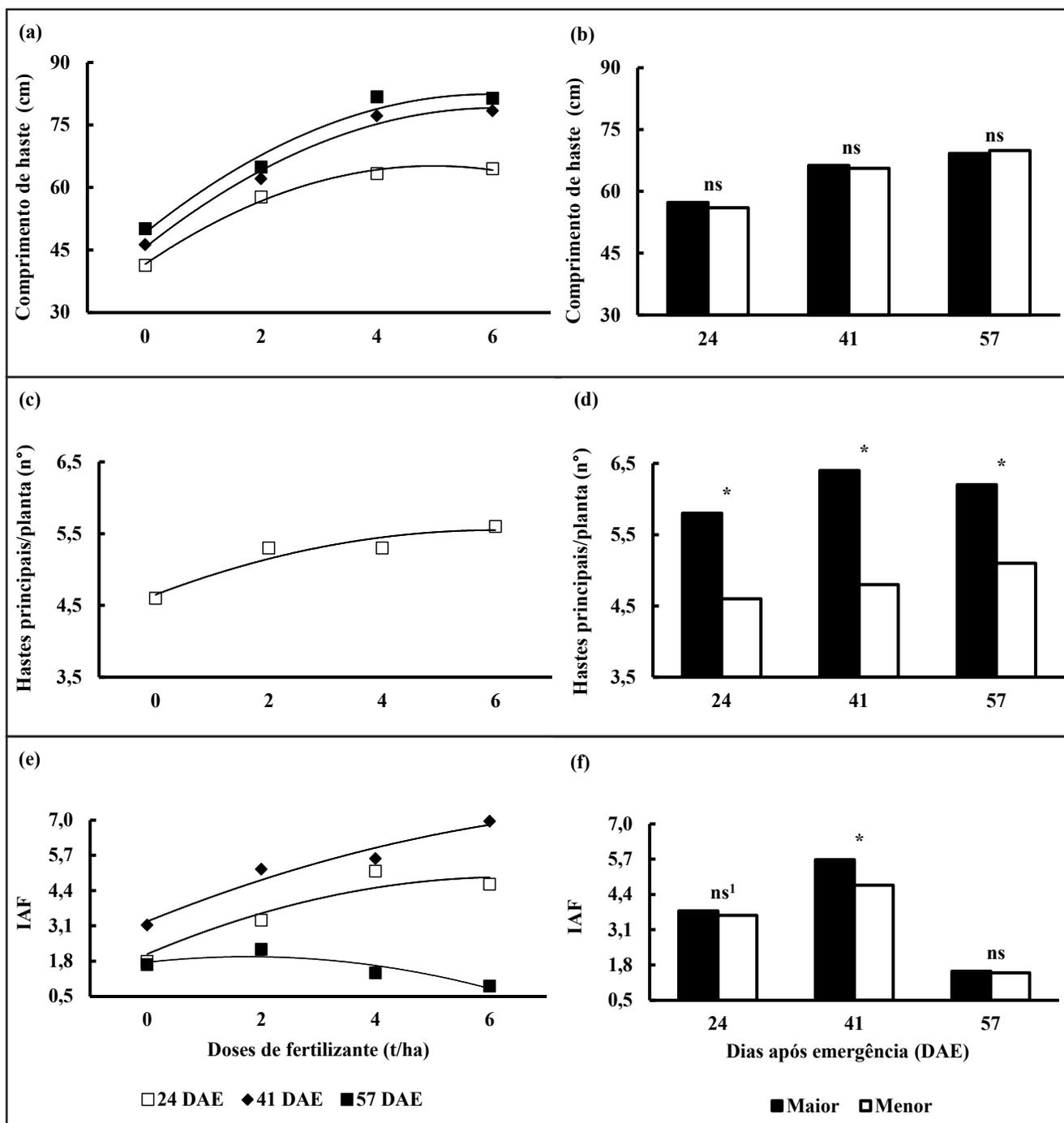


Figura 1. Efeito das doses do fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanho de batata-semente no comprimento de haste (a, b), número de hastes principais (c, d) e índice de área foliar (IAF, e, f) em plantas de batata cultivadas na safra 2010/11 (effect of rate of compound fertilizer (NPK) 4-14-8 and seed tuber size on length of stem (a, b), number of main stems (c, d) and leaf area index (IAF, e, f), respectively, on potato plants grown in 2010/11 cropping season). Guarapuava, UNICENTRO, 2010-2011.

¹ns= não significativo, *significativo a 5%, (ns= not significant, *significant at 5%).

doses de 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 fertilizantes, comparadas a 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 as maiores doses

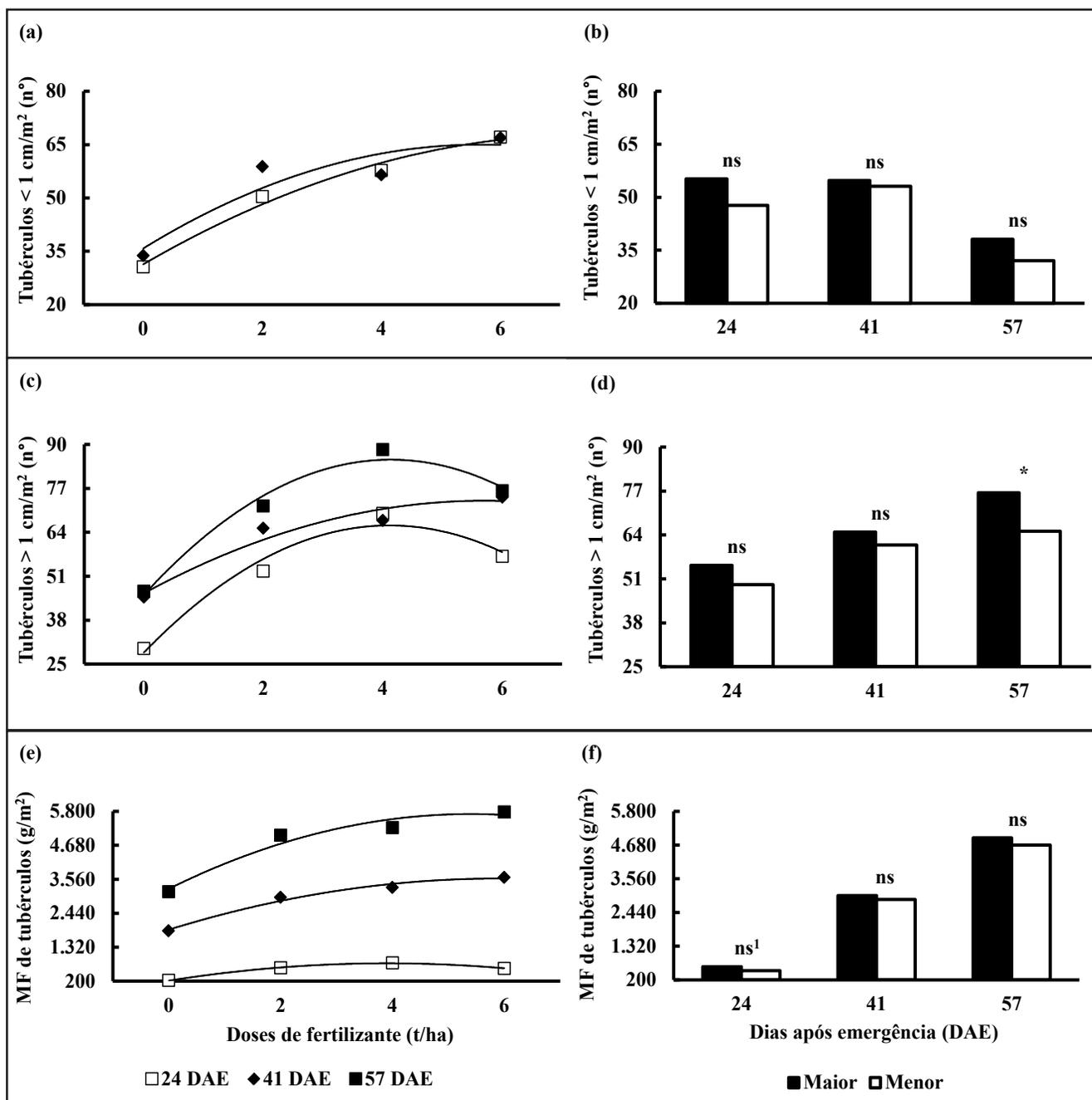


Figura 2. Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanho de batata-semente no número de tubérculos <1 cm (a, b), número de tubérculos >1 cm (c, d) e massa fresca de tubérculos (MF, e, f), respectivamente, em plantas de batata cultivadas na safara 2010/11 (effect of rate of compound fertilizer (NPK) 4-14-8 and seed tuber size on numbers of tubers <1 cm (a, b), numbers of tubers >1 cm (c, d) and tuber fresh weight (MF, e, f), respectively, on potato plants grown in 2010/11 cropping season). Guarapuava, UNICENTRO, 2010-2011. ¹ns= não significativo, *significativo a 5%, (ns= not significant, *significant at 5%).

resultaram em plantas mais altas que aquelas não adubadas nas três épocas amostradas (Figura 1a; Tabela 1). Observações visuais realizadas após a última amostragem (57 DAE) revelaram que as plantas que receberam as maiores adubações (4 e 6 t ha⁻¹) apresentaram maior acamamento em relação às plantas das demais parcelas. Estudos mostraram

aumento da altura de plantas com o aumento das doses de N no início do desenvolvimento da cultura da batata, porém aos 70 DAE não houve diferença entre as maiores doses de N em relação à altura de plantas (Oliveira, 2000). Esses resultados são coerentes parcialmente com os observados no presente estudo, não havendo grandes diferenças

no comprimento da haste das plantas que receberam as maiores adubações (Figura 1a; Tabela 1) nas três épocas de avaliação.

O tamanho da batata-semente não influenciou o comprimento da haste principal da planta (Figura 1b), nas três avaliações realizadas. Resultados similares foram obtidos por Allen *et al.*

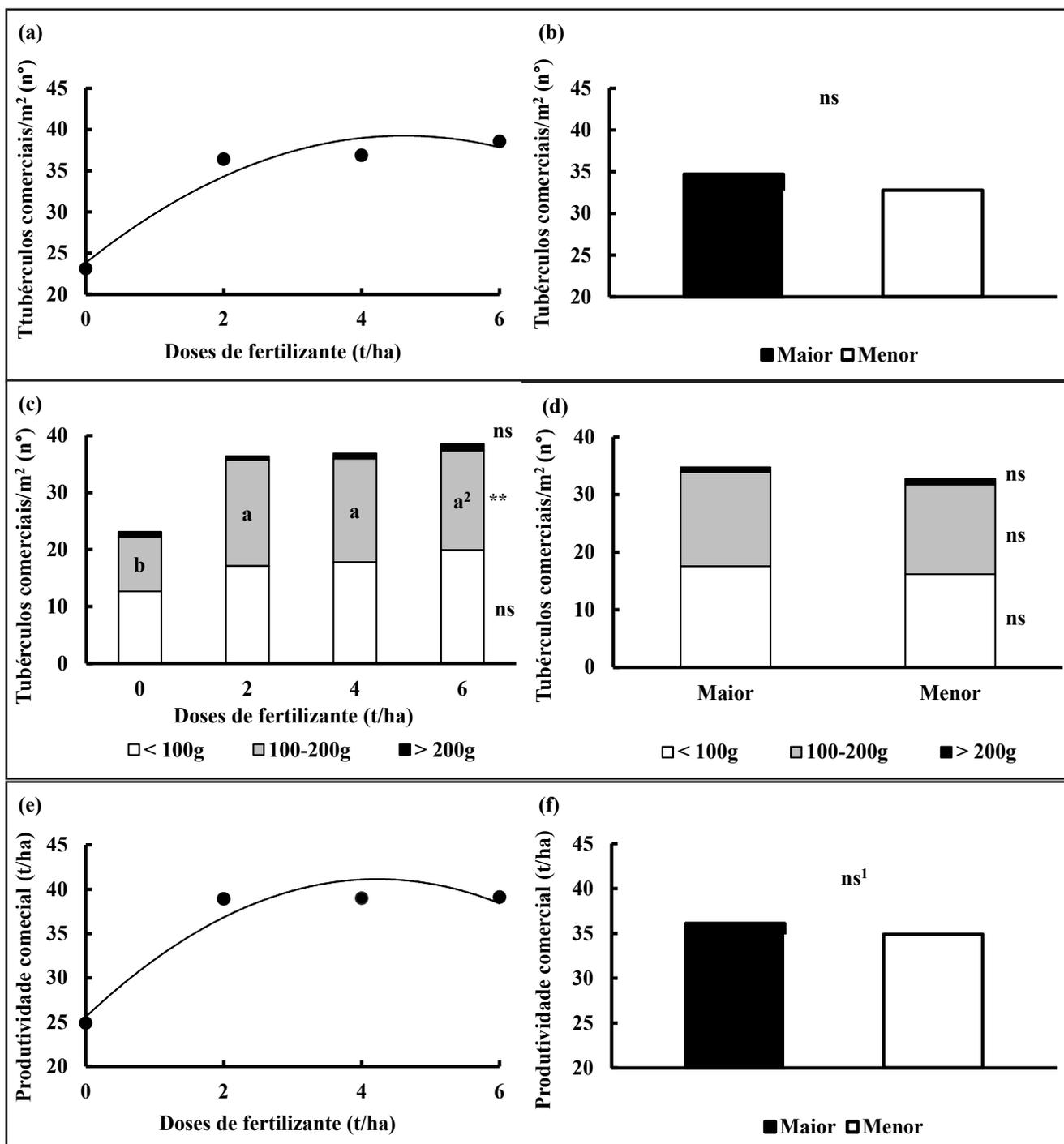


Figura 3. Efeito das doses de fertilizante (NPK) 4-14-8 e tamanho de batata-semente no número de tubérculos comerciais (a, b), número de tubérculos comerciais entre as classes de tamanho (c, d) e produtividade comercial (e, f), respectivamente, em plantas de batata cultivadas na safra 2010/2011 (effect of rate of compound fertilizer (NPK) 4-14-8 and seed tuber size on number of marketable tubers number (a, b), number of marketable tubers number among size class (c, d) and marketable yield (e, f), respectively, on potato plants grown in 2010/11 cropping season). Guarapuava, UNICENTRO, 2010-2011.

¹ns= não significativo, **significativo a 1% (ns= not significant, **significant at 1%); ²Médias seguidas pela mesma letra entre as classes de tamanho dos tubérculos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade (means followed by the same letter among tubers size class do not differ significantly, according to Tukey test at p<0.01).

(1992) que também não encontraram diferenças no crescimento de plantas (cm/dia) comparando batatas-semente de diferentes tamanhos (1 até 50 g).

Aos 24 DAE, observou-se diferença no número de hastes principais entre as plantas que receberam diferentes doses de adubação (Figura 1c; Tabela 1).

Entretanto, nas demais avaliações (41 e 57 DAE) não houve diferença entre os tratamentos com relação às doses de adubação, sugerindo que essa caracte-

terística 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 K, 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 da 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 1d). Esses dados corroboram com 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 maior redução do crescimento inicial de plantas oriundas de batatas-semente menores em relação às maiores, quando expostas a estresse hídrico; provavelmente, devido ao menor sistema radicular inicial de plantas de batata oriundas de menores sementes (Kawakami & Iwama, 2009). A utilização de tubérculos maiores pode ser 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 e menor custo no plantio e no armazenamento; porém, para plantio com tubérculos menores que 35 g são necessários 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 t ha⁻¹) foi similar e maior que aquele das plantas sem adubação

aos 24 DAE (Figura 1e). 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 t ha⁻¹. 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 t ha⁻¹ de fertilizante pode ter contribuído para a diminuição do IAF destas plantas aos 57 DAE.

O tamanho do tubérculo também influenciou o IAF, que foi maior nas plantas provenientes de sementes maiores, aos 41 DAE (Figura 1f). Dados similares foram observados em trabalhos realizados no Peru e no Japão com quatro tamanhos de batatas-semente (1-5, 5-10, 10-20 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 2a; Tabela 1) apresentaram respostas à adubação, isto é, plantas que receberam maiores doses de adubo iniciaram maior número de tubérculos em comparação às demais plantas, principalmente no estágio inicial de desenvolvimento (24 DAE). 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 2b). Esses dados corroboram com os obtidos por Allen *et al.* (1992), onde avaliaram-se batatas-semente de diferentes tamanhos (5 a 120 g) não encontrando diferenças no número de tubérculos produzidos.

O número de tubérculos formados (Figura 2c; Tabela 1) 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 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, 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 2c; Tabela 1) e ao maior IAF (Figura 1e; Tabela 1) das plantas adubadas (Figura 2e; Tabela 1). 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.

O tamanho da batata-semente não influenciou a MF de tubérculo em nenhuma das épocas de avaliação. 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 t ha⁻¹ de NPK, ponto de máxima eficiência agrônômica (Figura 3a; tabela 1). 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 3c). 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 2a, 2c, respectivamente; Tabela 1), evidenciando a influência da adubação nessa característica já no estágio inicial de desenvolvimento da cultura.

O tipo de batata-semente não influenciou o número de tubérculos comerciais (Figura 3b) e suas classes (Figura 3d) 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 1d), 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 (Figura 3e; Tabela 1) foi de 41,1 t ha⁻¹ na dose de 4,2 t ha⁻¹ de NPK. Para altos rendimentos, a extração de nutrientes é relativamente alta, estimando-se para uma produção de 1 t ha⁻¹ de tubérculos, a extração de aproximadamente 8 kg de potássio (K₂O); 5,3 kg de nitrogênio (N)

e 1,2 kg de fósforo (P₂O₅); além desses, têm-se valores para exportações aproximados de 4 kg de potássio (K₂O), 3,3 kg de nitrogênio (N) e 1,0 kg de fósforo (P₂O₅) (Nava *et al.*, 2007). Para uma adubação de 4 t ha⁻¹ do formulado NPK 4-14-8, quantidade que muitos bataticultores costumam utilizar, fornecem-se 160, 560 e 320 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Considerando a produtividade média obtida no experimento de 35,5 t ha⁻¹, 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 t ha⁻¹ do formulado 4-16-8 fornecido à cultura da batata antecessora.

Entretanto, há necessidade de se refletir sobre a máxima eficiência econômica das doses de fertilizantes, e que no caso do estudo conduzido, considerando-se a produção comercial, foi de 3,5 t ha⁻¹ do formulado 4-14-8 (Figura 3e; Tabela 1), valor abaixo da dose de máxima eficiência agrônômica com valor de 4,2 t ha⁻¹ 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).

O tipo de batata-semente também não influenciou a produtividade comercial (Figura 3f), mostrando ser essa uma característica apenas influenciada 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 tipo de batata-semente utilizado, em quatro anos de pesquisa.

Nas condições deste estudo, a utilização de 3,5 t ha⁻¹ do fertilizante 4-14-8 e batatas-semente entre 30 e 40 mm e 30 g resultaram na melhor opção econômica para o produtor.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOFF MD; MAGALHÃES PJ; RAM SJ. 2004. Image processing with Image J. *Biophotonics International* 11: 36-42.
- ALLEN EJ; O'BRIEN PJ; FIRMAN D. 1992. An evaluation of small seed for ware-potato production. *Journal of Agricultural Science* 118: 185-193.
- CEPEA/ESALQ/USP - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. 2011, 4 de outubro. *Batata gestão sustentável*. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/95/full.pdf>.
- EMBRAPA. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 306p.
- EPAGRI. 2002. *Sistemas de produção para batata-consumo e batata-semente em Santa Catarina*. Florianópolis, 123p.
- FAO - Food and Agriculture Organization. 2011, 26 de abril. *Preliminary 2009 data now available for selected countries and products*. Disponível em: <http://fao.org>.
- FILGUEIRA FAR. 2008. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. Viçosa: UFV, 421p.
- FONTES PCR; ROCHA FAT; MARTINEZ HEP. 1997. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função de adubação fosfatada. *Horticultura Brasileira* 15: 104-107.
- GULLUOGLU L; ARIOGLU H. 2009. 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* 4: 535-541.
- IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. *Cartas Climáticas do Paraná*. Versão 1.0. 2000. Londrina: formato digital, 1 CD.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011, 4 de maio. *Banco de dados Agregados*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=t&o=10&i=P>.
- JEFFERIES RA; MACKERRON DKL. 1993. Response of potato genotypes to drought. Leaf area index, growth and yield. *Annals of Applied Biology* 122: 105-112.

- KAWAKAMI J; IWAMA K; HASEGAWA T; JITSUYAMA Y. 2003. Growth and yield of potato grown from microtubers in fields. *American Journal of Potato Research* 80: 371-378.
- KAWAKAMI J; IWAMA K; HASEGAWA T; JITSUYAMA Y; ZHENG X. 2004. 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* 81: 327-333.
- KAWAKAMI J; IWAMA K; JITSUYAMA Y. 2005. Effect of planting date on the growth and yield of two potato cultivars grown from microtubers and conventional seed tubers. *Plant Production Science* 8: 74-78.
- KAWAKAMI J; IWAMA K; JITSUYAMA Y. 2006. Soil water stress and the growth and yield of potato plant grown from microtubers and conventional seed tubers. *Field Crops Research* 95: 89-96.
- KAWAKAMI J; IWAMA K. 2009. Comparação do crescimento e produtividade a campo entre microtubérculos de batata de diferentes tamanhos. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* 2: 173-178.
- KAWAKAMI J; IWAMA K. 2012. Effect of potato microtuber size on the growth and yield performance of field grown plants. *Plant Production Science* 15: 144-148.
- KLEINHENZ MD; BENNETT MA. 1992. Growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars Atlantic and Monona as influenced by seed type and size. *American Potato Journal* 69: 117-129.
- KUMAR P; PNDEY SK; SINGH BP; SINGH SV; HUMAR D. 2007. Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. *Potato Research* 50: 1-13.
- LOPES CA; ROSSATO M. 2011. Tamanho do tubérculo-semente de batata não interfere na manifestação da murcha bacteriana. *Horticultura Brasileira* 29: 250-252.
- MALLMANN N. 2001. *Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste paranaense*. Curitiba: UFPR. 173p (Tese mestrado).
- NAVA G; DECHEN AR; IUCHI VL. 2007. Produção de tubérculos de batata-semente em função das adubações nitrogenada, fosfatada e potássica. *Horticultura Brasileira* 25: 365-370.
- O'BRIEN PJ; ALLEN EJ. 1992. Effects of seed crop husbandry, seed source, seed tuber weight and seed rate on the growth of ware potato crops. *Journal of Agricultural Science* 119: 335-366.
- OLIVEIRA CAS. 2000. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35: 939-950.
- PEREIRA AR; MACHADO EC. 1987. *Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais*. Instituto Agrônomo de Campinas: 33p.
- PERRENOUD S. 1993. Potato: fertilizer for yield and quality. *Berne: International Potash Institute*. 53p.
- SILVA FAZ; AZEVEDO, CAV. 2002. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* 4: 71-78.
- SILVA MCC; FONTES PCR; MIRANDA GV. 2007. Modelos estatísticos para descrever a produtividade de batata em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* 25: 360-364.
- SILVA EC; SILVA FILHO AV; ALVARENGA MAR. 2001. Efeito residual da adubação efetuada no cultivo da batata sobre a produção do feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira* 19: 312-315.
- TEIXEIRA AL; SILVA CA; PEIXOUTO LS; LEPRE AL. 2010. Eficiência na emergência e produtividade dos diferentes tipos de batata-semente. *Scientia Agraria* 11: 215-220.
- WIERSEMA SG. 1989. Comparative performance of three small seed tuber sizes and standard size seed tubers planted at similar stem densities. *Potato Research* 32: 81-89.
- WURR DCE. 1975. Relationships between sprouting characters and stem development in two main crop varieties. *Potato Research* 18: 83-91.