

Características de crescimento de plantas de batata, cv. Baronesa, e seu genótipo transformado geneticamente para resistência ao PVY

Simone Pohl¹, Nei Fernandes Lopes², Eugenia Jacira Bolacel Braga¹, Carina Pereira da Silva¹, Fábio Sérgio Paulino da Silva³, José Antonio Peters²

RESUMO

A tecnologia do DNA recombinante, com sua capacidade de isolar e transferir genes a partir de qualquer organismo permite incorporar nas plantas novos caracteres de interesse agrícola. No entanto, as consequências de inserção de determinados genes, em relação às características fisiológicas das plantas, muitas vezes são desconhecidas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características de crescimento em plantas de batata modificadas com genes de resistência ao vírus PVY durante o seu ciclo de vida. Para isso, tubérculos de batata cv. Baronesa e seu respectivo genótipo transformado foram plantados em vasos e mantidos em casa de vegetação durante 84 dias. Observou-se que a transformação genética do cv. Baronesa não alterou efetivamente a maioria das características de crescimento avaliadas.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., análise de crescimento, transformação genética, vírus.

ABSTRACT

Growth characteristics of potato, cv. Baronesa, and its genetically transformed genotype for PVY resistance

Recombinant DNA technology, with its potential capacity for isolating and transferring genes from any organism, allows incorporating in plants new characters of agricultural interest. However, consequences of gene incorporation on physiological characteristics are sometimes unknown. The aim of this study was to evaluate growth characteristics on potato plants genetically modified with resistance genes to PVY virus, during the plant life cycle. Potato tubers of cultivar Baronesa and their respective transformed genotypes were planted in pots and kept in greenhouse for 84 days. Transformation of cultivar Baronesa with virus resistant genes did not affect most evaluated growth characteristics.

Key words: *Solanum tuberosum* L., growth analysis, genetic transformation, virus.

Recebido para publicação em novembro de 2008 e aprovado em junho de 2009

¹ Biólogas, Mestres. Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Campus Capão do Leão, Caixa Postal 354, 96010-900, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. simone_pohl@hotmail.com, eugenia@ufpel.tche.br.

² Engenheiros-Agrônomos, Doutores. Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, UFPel, IB, Departamento de Botânica, Campus, 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. neilopes@ufpel.tche.br, peters@ufpel.tche.br.

³ Estudante de graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Campus Capão do Leão, Caixa Postal 354, 96010-900, Pelotas, RS, Brasil.

INTRODUÇÃO

O cultivar Baronesa foi desenvolvido no Brasil, Embrapa Clima Temperado, e tem como características plantas de porte baixo a médio e semiereto, com quatro a cinco hastes, possuindo ciclo médio e tubérculos com formato alongado e achatado, olhos rasos e salientes, película rosa e lisa e polpa creme (Pereira *et al.*, 2003). Mesmo sendo o mais plantado no Rio Grande do Sul, esse cultivar é altamente susceptível a viroses causadas pelo vírus X (*Potato virus X*, PVX), vírus Y (*Potato virus Y*, PVY) e vírus do enrolamento da folha (*Potato leafroll virus*, PLRV) (Mota da Costa *et al.*, 1989; Daniels, 2000; Pereira *et al.*, 2003). O PVY é transmitido mecanicamente por um grupo limitado de hospedeiros e, naturalmente, de forma não-persistente, por intermédio de afídeos vetores, como *Myzus persicae* Sulzer (Riechmann *et al.*, 1992), disseminando-se rapidamente, resultando em grandes perdas de rendimento. As plantas infectadas por vírus mostram fortes alterações morfológicas e fisiológicas, com sintomas como o mosaico da folha e enrolamento ou necrose das nervuras, associada a mudanças na estrutura e função dos cloroplastos (Zhou *et al.*, 2004).

Genes de resistência a vírus em batata foram identificados em espécies selvagens, porém o resgate desses genes por meio do melhoramento clássico é dificultado pelos padrões de segregação tetrassômica, pela fertilidade parcial de muitos cultivares comerciais e pelos efeitos heteróticos em caracteres de produção, como rendimento, massa seca e parâmetros de qualidade industrial (Foxe, 1992). Por outro lado, a tecnologia do DNA recombinante, com sua capacidade potencial de isolar e transferir genes a partir de qualquer organismo permite incorporar nas plantas novos caracteres de interesse agrícola de forma horizontal, evitando assim a necessidade de superar caracteres indesejáveis (Borém, 2001; Aswath *et al.*, 2006). Assim, vários trabalhos de transformação genética em diferentes cultivares de batata são descritos na literatura (Figueira Filho *et al.*, 1994; Campos, 1995; Ferreira, 1998; Torres *et al.*, 2000; Romano *et al.*, 2001; Braga, 2002; Andersson *et al.*, 2003; López & Chaparro, 2007), visando incrementar sua resistência a distintas pragas e melhorar sua qualidade nutricional e industrial. Nesse contexto, plantas de batata cv. Baronesa, resistentes ao PVY, foram obtidas por transformação genética, utilizando o sistema *Agrobacterium* e o plasmídeo pBI-PVY, contendo o gene que codifica para a proteína do capsídeo do vírus (Campos, 1995). A presença do plasmídeo pBI-PVY foi confirmada, nessas plantas, por meio de técnicas de PCR, bioensaios e *Southern blot* (Campos, 1995; Torres *et al.*, 1999).

Por outro lado, um dos problemas encontrados nos trabalhos que envolvem a transformação genética de plan-

tas é a instabilidade da expressão do gene inserido (Slater *et al.*, 2003; Schmitz, 2006). Alguns genes introduzidos não são expressos como deveriam, e fenômenos como co-supressão, epistasia e silenciamento gênico podem ser frequentemente observados (Brasileiro & Dusi, 1999; Schmitz, 2006). Além disso, as consequências da inserção de determinados genes (DNA exógeno) com relação às características de crescimento e desenvolvimento das plantas, na maioria das vezes, são desconhecidas, sendo necessários estudos para a verificação de possíveis alterações fisiológicas e/ou morfológicas em decorrência da transgenia.

A produtividade de uma cultura depende de uma série de inter-relações complexas entre indivíduos, comunidades de plantas e meio ambiente. Essas relações de conformidade com o potencial genético manifestam-se por meio de processos fisiológicos (Lopes & Maestri, 1973; Conceição *et al.*, 2005). A análise de crescimento produz conhecimentos de valor prático e informações exatas referentes ao crescimento e comportamento dos genótipos, que podem ser utilizadas pelos produtores (Sharma *et al.*, 1993; Conceição *et al.*, 2005). Essa análise é uma aproximação explicativa, holística e integrativa usada para interpretar a forma e a utilidade da planta (Hunt *et al.*, 2002; Fontes *et al.*, 2005), sendo de vital importância para compreender os processos morfofisiológicos da planta e sua influência sobre o rendimento da cultura. Pode ainda ser empregada para determinar a produção líquida das plantas, derivadas do processo fotossintético, como resultado do desempenho do sistema assimilatório durante determinado período de tempo (Cardoso *et al.*, 1987; Larcher, 1995). Os princípios e as práticas da análise têm como objetivo descrever e interpretar o desempenho de determinada espécie crescendo em condições de ambiente natural ou controlado (Hunt, 1990; Fontes *et al.*, 2005).

Em consequência do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar e comparar as características de crescimento durante o ciclo de vida de plantas de batata, cultivar Baronesa, em relação ao seu genótipo transformado para resistência ao vírus PVY.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Baronesa (controle) e de plantas geneticamente transformadas (linhagem 112P), via sistema *Agrobacterium*, do mesmo cultivar. A presença do plasmídeo pBI-PVY, contendo o gene que codifica para a proteína do capsídeo do vírus Y e confere resistência ao PVY, foi confirmada, nessas plantas, por meio de técnicas de PCR (Campos, 1995), bioensaios e ELISA. O bioensaio para proteção contra PVY foi conduzido em 260 linhagens potencialmente transformadas, e as plantas, crescidas a

partir dos tubérculos, foram inoculadas mecanicamente com uma mistura de PVY^N e PVY⁰, com três inoculações, aos sete, 14 e 17 dias após a emergência. Como plantas-controle positivas foram utilizados tabaco e batatas, cvs. Bintje e Baronesa. Os sintomas foram avaliados usando uma escala de notas de zero a três (ausência de sintomas e mosaicos leve, moderado e severo), em avaliações a cada três dias. Para o diagnóstico por meio da técnica de ELISA, amostras de folhas da região apical e da região basal de plantas infectadas com PVY^N e PVY⁰, com ausência de sintomas característicos da presença do vírus, foram coletadas separadamente, em torno de 55 dias após a primeira inoculação, e avaliadas utilizando anticorpo monoclonal. O controle negativo deste teste foi sempre uma planta não inoculada e o controle positivo, o próprio inóculo.

O trabalho relativo à análise de crescimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, RS, situada a 31° 52' 00" S de latitude (S), 52° 21' 24" longitude (W) (Certificado de Qualidade em Biossegurança nº 081/98, emitido pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança). Foram plantados três tubérculos por vaso, com capacidade para oito litros e contendo substrato (marca Polimix) enriquecido de 10 g de adubo 4-11-9 com micronutrientes. Após a emergência das plantas, foi realizado desbaste, deixando-se apenas uma planta, com uma haste, por vaso. As plantas foram mantidas na casa de vegetação com umidade relativa entre 75-80% e temperatura entre 23-28 °C até o final do experimento.

As coletas foram realizadas em seis épocas a intervalos regulares de 14 dias, sendo cada coleta constituída por três plantas de cada genótipo (Controle e Transformada). Em cada coleta as plantas foram separadas em partes aéreas e raiz, sendo o sistema radical lavado sobre peneira para a eliminação do substrato aderente.

Para a avaliação da massa seca dos órgãos, amostras foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e postos para secar em estufa com ventilação forçada, à temperatura de 70 °C, até atingir massa constante. A área foliar (A_f) foi estimada, utilizando-se medidor de área foliar, marca LiCor, modelo LI3000.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, em um arranjo fatorial (2 x 6) constituído por dois genótipos (Controle e Transformadas) e seis épocas de coleta, com três repetições. Os resultados relativos à massa seca total e da área foliar foram submetidos à análise de variância para testar as fontes de variação e suas possíveis interações, com auxílio do software WINSTAT (Machado & Conceição, 2002).

Os dados de massa seca total acumulada (W_t) foram ajustados pela equação logística simples, $W_t = W_m / (1 + Ae^{-Bt})$, em que W_m = a estimativa assintótica do crescimento máximo;

A e B = constantes de ajustamento, e = base natural de logaritmo neperiano e t = tempo em dias após a emergência (Richards, 1969). Os dados primários de área foliar A_f foram ajustados com o emprego de polinômios ortogonais (Richards, 1969). Os valores instantâneos da taxa de produção de massa seca (C_t) e taxa de crescimento de área foliar (C_a) foram obtidos por meio de derivadas das equações ajustadas da massa seca total (W_t) e de área foliar (A_f) em relação ao tempo (Radford, 1967). Para a determinação dos valores instantâneos da taxa de crescimento relativo (R_w) e taxa de crescimento relativo de área foliar (R_a) foram empregadas as fórmulas $R_w = C_t / W_t$ e $R_a = C_a / A_f$, conforme o proposto por Radford (1967). Os valores instantâneos da taxa assimilatória líquida (E_a), razão de área foliar (F_a), razão de massa foliar (F_w) e área foliar específica (S_a) foram estimados por meio das equações: $E_a = C_t / A_f$, $F_a = A_f / W_t$, $F_w = W_t / W_t$ e $S_a = A_f / W_t$, conforme Radford (1967).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as 260 linhagens estudadas no bioensaio, 10 não expressaram sintomas visíveis da presença do vírus nas 12 avaliações realizadas. A CP do PVY também não foi detectada nessas 10 linhagens por meio dos testes de ELISA, tanto nas amostras foliares apicais quanto nas basais, aproximadamente aos 42 dias a partir da primeira inoculação (10ª avaliação). Esse resultado foi confirmado aos 55 dias com novo teste sorológico (referente à 12ª avaliação). As referidas linhagens foram 101P, 112P, 126AS, 126AR, 153C0, 234AF, 268BA, 180BQ, 190AJ e 347P.

Ao se analisar os resultados referentes aos dados primários, massa seca total e área foliar das plantas de batata, não foram verificadas interações significativas entre os fatores genótipo e épocas de coleta. Houve, no entanto, efeito significativo isolado do fator época de coleta, demonstrando que ambos os genótipos (Controle e Transformado) apresentaram comportamento similar em relação a todos os parâmetros de crescimento analisados.

A massa seca total (W_t) foi sempre crescente para ambos os genótipos, mostrando tendência logística (Figura 1). Os maiores acúmulos de W_t foram de 2.728,90 e 2.580,97 g m⁻² para o Controle e Transformado, respectivamente, atingidos aos 84 dias após o plantio (DAP).

A taxa de produção de massa seca (C_t) é uma característica amplamente usada para expressar a eficiência da produção de um estande de plantas e revela o incremento de massa seca por unidade de área e tempo. No presente trabalho, a C_t foi crescente até o 67° e 62° DAP para os genótipos Controle e Transformado, respectivamente (Figura 2), declinando posteriormente até o final do ciclo de desenvolvimento das plantas, mas sempre apresentando valores positivos. As taxas máximas de C_t foram de 58,28 e

52,01 g m⁻² d⁻¹, alcançadas aos 67 e 62 DAP para o Controle e Transformada, respectivamente. Esses resultados são nitidamente superiores aos obtidos em plantas de batata-doce, cv. Abóbora e Da Costa, cujos C_i máximos foram de 14,8 e 20,3 g m⁻² d⁻¹, respectivamente, atingidos aos 90 dias após o transplante (DAT) (Conceição *et al.*, 2005). Comparando os dois experimentos, sendo eles com espécies e cultivares diferentes, pode-se inferir que as taxas máximas de C_i são dependentes do genótipo e, certamente, do período do ciclo de desenvolvimento, bem como fatores ambientais. Mota da Costa & Lopes (1981) verificaram diferenças entre cinco cultivares de batata, quanto ao início e à tuberação máxima em razão da época de plantio.

A taxa de crescimento relativo instantânea (R_w) representa o acúmulo de massa seca em relação à biomassa preexistente num determinado tempo, sendo matemati-

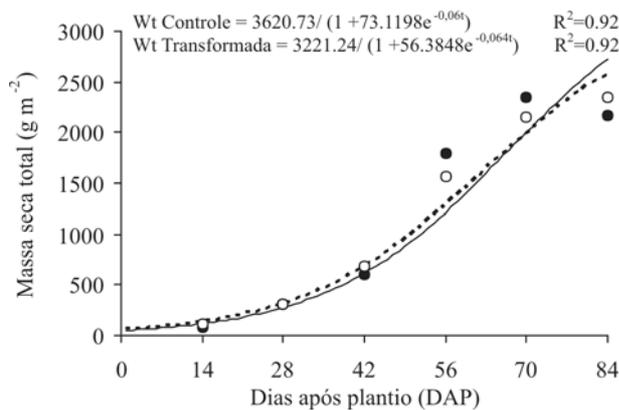


Figura 1. Acúmulo de massa seca (W_t) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—•) e Transformada (---°).

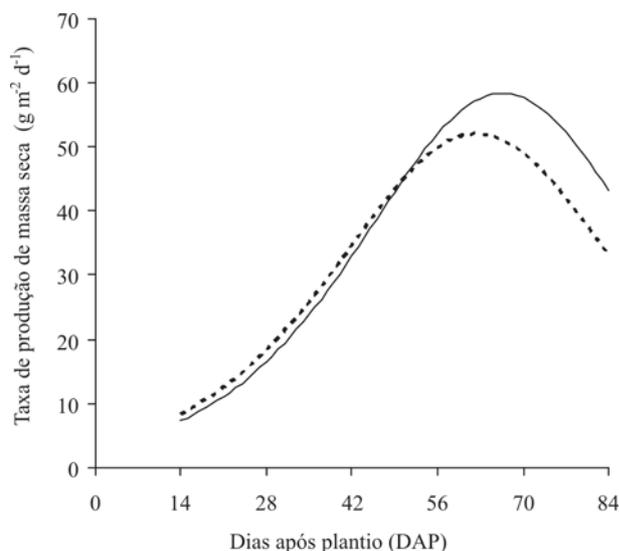


Figura 2. Taxa de produção de massa seca (C_i) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (-----).

camente obtida pela razão entre a taxa de produção de massa seca e a massa seca total acumulada. Dessa forma, C_i (taxa de produção de massa seca) é uma variável fundamental na análise de crescimento tradicional, porque fornece o índice fisiológico mais proveitoso e ecologicamente significativo (Chiariello *et al.*, 1991). R_w foi sempre decrescente para ambos os genótipos (Figura 3). Resultados similares foram também obtidos por Conceição *et al.* (2005) trabalhando com plantas de duas cultivares de batata-doce. O decréscimo mais acentuado foi após o 54º DAP, porém sempre com valores positivos. O decréscimo de R_w com a idade da planta é resultado, em parte, do aumento gradativo de tecidos não fotossintetizantes ao longo da ontogenia da planta (Lopes *et al.*, 1986). Portanto, o declínio dessa taxa é esperado, conforme a planta vai atingindo a maturidade. Barcelos *et al.* (2007), trabalhando com o cv. Monalisa submetido ao parcelamento de adubação nitrogenada em cobertura, encontrou valores de 0,20 g g⁻¹ d⁻¹ aos 50 DAE, posteriormente decrescendo com a evolução do crescimento da planta. Assim, percebe-se uma fase inicial de rápido acúmulo de material, seguida de uma com menor incremento. Essa tendência de R_w é amplamente reportada na literatura, como em Aguiar Netto *et al.* (2000) e Benincasa (1988).

A área foliar é um índice importante em estudos de nutrição e crescimento vegetal, uma vez que determina o acúmulo de massa seca, o metabolismo vegetal, a capacidade fotossintética potencial e o rendimento e a qualidade da colheita (Ibarra, 1985; Jorge & Gonzáles, 1997). Os dados de área foliar (A_f) foram ajustados com o emprego de polinômios ortogonais, apresentando tendência cúbica nos dois genótipos (Figura 4). A área foliar foi crescente até os 58 e 57 DAP para o Controle e Transformada, respectivamente, com A_f máximas de 12 e 11 m² m⁻², respectivamente, declinando a posteriori até a colheita final, em virtude da taxa de senescência ter sobrepujado a taxa de

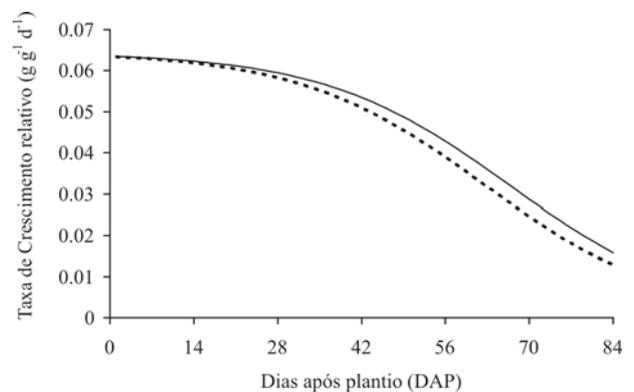


Figura 3. Taxa de crescimento relativo (R_w) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (-----).

emissão de folhas novas. Normalmente, o aparecimento dos tubérculos, que são drenos metabólicos fortes e com grande força de mobilização de assimilados, induz aceleração na senescência foliar, reduzindo a A_f e, conseqüentemente, a produção final (Folquer, 1978).

Resultados semelhantes foram observados por Aguiar Netto *et al.* (2000), trabalhando com a mesma espécie, cv. Aracy, sob diferentes regimes de irrigação, que obtiveram valores máximos de A_f em torno de 60 DAP para todos os tratamentos. Em contraste aos resultados obtidos neste trabalho, Romano (2001) encontrou valores máximos de área foliar superiores em plantas transformadas quando comparados aos de plantas não transformadas de tabaco.

A taxa de crescimento de área foliar (C_a) revela a velocidade de crescimento das folhas ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta. Essas taxas foram crescentes para ambos os genótipos até os 33 e 31 DAP, com valores máximos de 0,31 e 0,28 $m^2 m^{-2} d^{-1}$ para as plantas Controle e Transformada, respectivamente, decrescendo posteriormente com a ontogenia das plantas (Figura 5).

A taxa de crescimento relativo de área foliar (R_a) é o incremento de A_f em relação à A_f pré-existente. Essas taxas foram crescentes até os 18 e 16 DAP, atingindo valores máximos de 0,08 e 0,07 $m^2 m^{-2} d^{-1}$ para os genótipos Controle e Transformada, respectivamente, não havendo diferença significativa entre os genótipos (Figura 6). Resultados semelhantes foram encontrados por Conceição *et al.* (2005) trabalhando com os cultivares de plantas de batata-doce, Abóbora e Da Costa, atingindo maiores valores de 0,05 e 0,06 $m^2 m^{-2} d^{-1}$, respectivamente. Em contrapartida, Romano (2001) observou que as plantas de tabaco transformadas apresentaram R_a superior às selvagens já no início do período vegetativo.

A taxa assimilatória líquida (E_a) de uma planta é o incremento de biomassa por unidade de área foliar e de tempo. Essa característica de crescimento sofre menor influ-

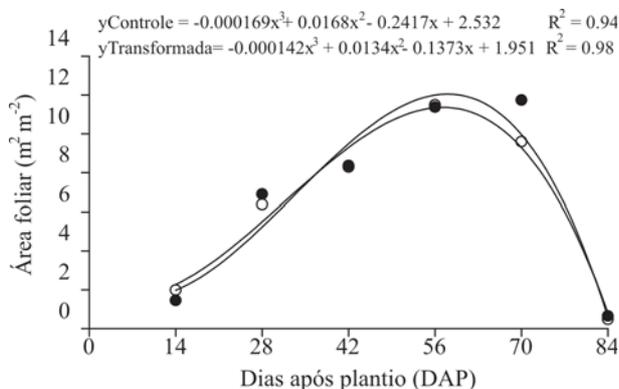


Figura 4. Área foliar (A_f) de batata, cv. Baronesa, em função da ontogenia das plantas. Controle (—•) e Transformada (----○-----).

ência da ontogenia da planta do que R_w . Além disso, E_a é dependente da radiação solar, das condições internas da planta, do próprio índice de área foliar e do balanço hídrico (Conceição *et al.*, 2005). Houve aumento de E_a nas duas primeiras semanas após o plantio, com pequeno decréscimo entre 14 e 35 DAP, incrementando gradativamente até atingir valores máximos de 5,00 $g m^{-2} d^{-1}$ (Controle) e 4,99 $g m^{-2} d^{-1}$ (Transformada) aos 64 e 69 DAP, respectivamente (Figura 7). No final do experimento, ocorreu grande aumento na E_a em virtude do decréscimo acentuado em A_f , ocasionado pelo aumento na taxa de senescência foliar, não acompanhado, na mesma proporção, pelo decréscimo na taxa de produção de massa seca. Portanto, nesse trabalho as curvas de E_a não mostraram os valores calculados entre 70 e 84 DAP, pois fugiram do padrão esperado. Dados similares foram obtidos por Conceição *et al.*

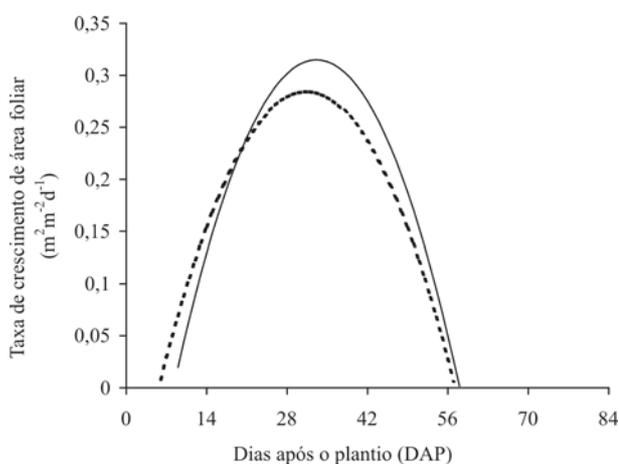


Figura 5. Taxa de crescimento de área foliar (C_a) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (----).

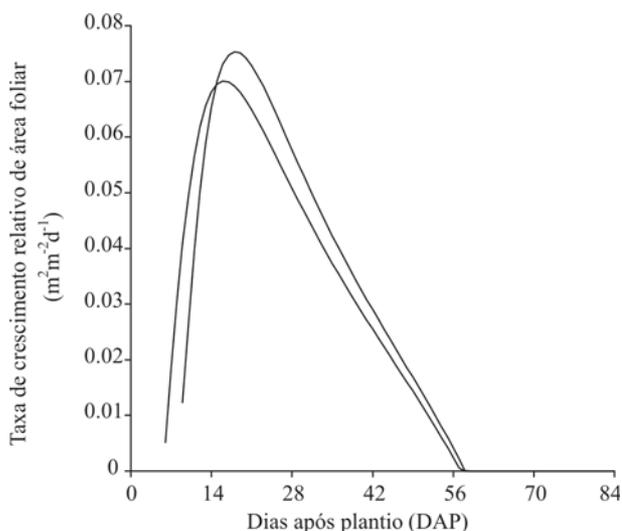


Figura 6. Taxa de crescimento relativo de área foliar (R_a) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (----).

(2005) em estudo com plantas de batata-doce que obtiveram valores de E_a máximos aproximadamente aos 90 DAT, decrescendo acentuadamente até o final do ciclo de desenvolvimento para um cultivar e decréscimo até o 135° DAT, subindo posteriormente até o 150° DAT. Entretanto, estes resultados diferem do exposto por Medeiros *et al.* (1990), que obtiveram E_a máximos no início do ciclo, durante a formação do aparelho fotossintetizante, posteriormente declinando com tendência à estabilização após os 30 DAP. Da mesma forma que nos parâmetros anteriores, não houve diferença significativa de E_a entre os dois genótipos.

A queda nos valores de E_a durante o desenvolvimento da planta provavelmente ocorre devido ao aumento da idade média das folhas, aliado ao auto-sombreamento das folhas inferiores da planta, reduzindo, assim, sua taxa fotossintética. Entretanto, é importante ressaltar que a E_a não é determinada somente pela taxa fotossintética, mas também pela dimensão da área foliar, duração do período vegetativo, distribuição das folhas no dossel, pelo ângulo foliar, pela translocação e partição de assimilados. Contudo, vale ressaltar ainda que a cultura de batata apresenta comportamento biológico diferente de outras espécies vegetais, pois acumula reservas nos tubérculos e não na parte aérea. Assim, esse padrão, acrescido da senescência e morte foliar, sugere maior eficiência no final do ciclo vegetativo (Aguiar Netto *et al.*, 2000).

A razão de área foliar (F_a) é um componente morfológico do crescimento que representa a superfície assimilatória por unidade de massa seca total, que normalmente decresce com a ontogenia das plantas (Hunt, 1982). Conforme pode ser observado na Figura 8, F_a aumentou até os 28 e 27 DAP para os genótipos Controle e Transformado, com valores máximos de 19 e 18 $\text{mm}^2 \text{g}^{-1}$, respectivamente, diminuindo progressivamente após esse período até a úl-

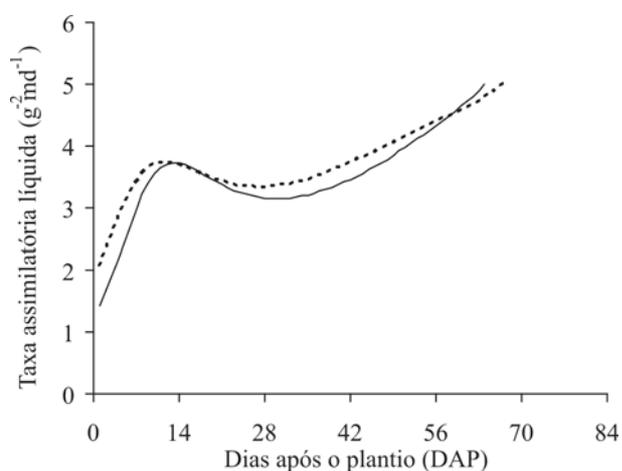


Figura 7. Taxa assimilatória líquida (E_a) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (-----).

tima colheita. Esses resultados indicam que os fotoassimilados estavam sendo, inicialmente, mais utilizados para a formação do aparelho fotossintético das plantas. Segundo Lopes & Maestri (1973), a taxa de crescimento relativo e a razão de área foliar apresentam semelhantemente forte tendência de decréscimo à medida que as plantas envelhecem, sendo isso explicado, em parte, pelo aumento gradual de tecidos não assimilatórios.

A razão de massa foliar (F_w) representa a massa seca das folhas (W_f) em relação à massa seca total (W_t). Essa característica apresentou forte declínio a partir do 14° DAP para ambos os genótipos, Controle e Transformado, com valores máximos de 0,48 e 0,50 g g^{-1} , respectivamente (Figura 9), não demonstrando novamente diferenças significativas entre os genótipos. Essa variável decresce ao longo do ciclo, devido, possivelmente, à menor fração de material retido na folha, ou seja, à maior exportação para as demais partes da planta em função da ontogenia. Em contraste, as plantas de batata-doce, cultivares Coquinho e Princesa, atingiram os F_w máximos aos 45 DAP, posteriormente decrescendo (Medeiros *et al.*, 1990).

A área foliar específica (S_a) é a relação entre A_f e W_f , dando, portanto, idéia de espessura da folha. A partir do 14° DAP, houve aumento de S_a até as 27 e 29 DAP para as plantas Controle e Transformada, com valores máximos de 0,041 e 0,043 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$, respectivamente. A partir dessas datas, essa característica manteve-se praticamente constante até a coleta final (Figura 10). Conceição *et al.* (2005) observaram em plantas de batata-doce, cv. Abóbora e Da Costa, forte tendência de declínio de S_a em ambos os cultivares, no entanto, o cv. Abóbora apresentou maior valor máximo no início da fase vegetativa, igualando-se a outro cultivar até o final do ciclo. O declínio nos valores de S_a com a idade da planta é resultado da redução ou paralisação de A_f , aliado ao incremento de W_f (Brighenti *et al.*, 1993). O aumento da área foliar nas plantas transformadas levou a uma diminuição da densidade da folha, indicando, provavelmente, que as plantas não transformadas apresentam estrutura de parede celular mais lignificada e maior sistema de vasos condutores.

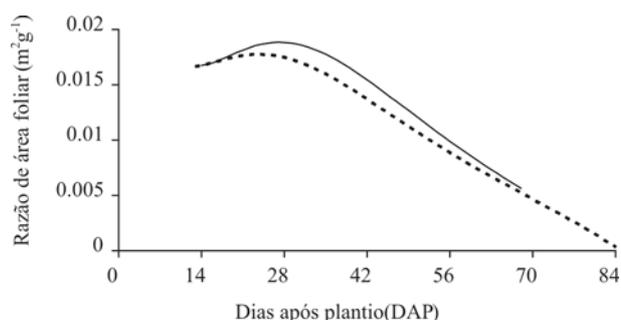


Figura 8. Razão de área foliar (F_a) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (-----).

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram aos de Bacarin *et al.* (2008), que, trabalhando com os mesmos genótipos de batata, Controle e Transformado, não observaram diferenças significativas entre esses, quanto aos parâmetros de fluorescência das clorofilas e à taxa de fotossíntese líquida.

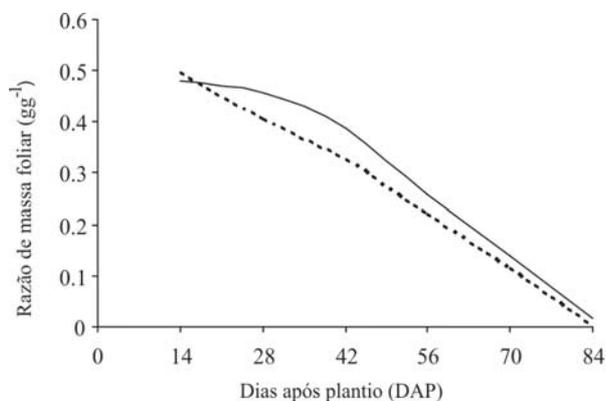


Figura 9. Razão de massa foliar (F_w) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (-----).

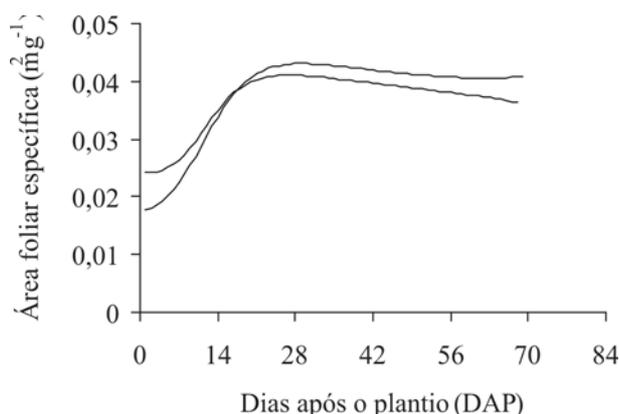


Figura 10. Área foliar específica (S_a) de batata, cv. Baronesa, em razão da ontogenia das plantas. Controle (—) e Transformada (-----).

CONCLUSÃO

Todas as características de crescimento analisadas foram iguais para ambos os genótipos, não havendo, portanto, diferenças significativas entre as plantas Transformadas e Controle, evidenciando que a introdução do gene do capsídeo da capa proteica do vírus, no cv. Baronesa, não alterou os seus parâmetros de crescimento.

REFERÊNCIAS

Aguiar Netto AO, Rodrigues JD & Pinho SZ (2000) Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:901-907.

Andersson M, Trifonova A, Andersson A, Johansson M, Bulow L & Hofvander PA (2003) Novel selection system for potato transformation using a mutated AHAS gene. *Plant Cell Report*, 22:261-267.

Aswath CR, Kim SYMH & Park SW (2006) *Agrobacterium* and biolistic transformation of union using non-antibiotic selection marker phosphomannose isomerase. *Plant Cell Report*, 25:92-99.

Bacarin MA, Schmitz DD, Falqueto AR, Cassol D, Torres AC, Peters JA & Braga EJB (2008) Características fotossintéticas de batata, cv. Baronesa e seu genótipo transformado geneticamente para resistência ao PVY. *Horticultura Brasileira*, 26:331-335.

Barcelos DM, Garcia A & Maciel Jr VA (2007) Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um latosolo vermelho-amarelo. *Ciência Agrotécnica*, 31:21-27.

Benincasa MMP (1988) Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal, Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia. 41p.

Borém A (2001) Escape gênico e transgênicos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 204p.

Braga EJB (2002) Microtuberização e transformação genética de batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Macaca com genes de resistência a fungos. Tese de Doutorado. Pelotas, Cenbiot/UFPel. 91p.

Brasileiro AC & Dusi DMA (1999) Transformação genética de plantas. In: Torres AC, Caldas LS & Buso JA (Eds.) *Cultura de Tecidos e Transformação genética de plantas*. Brasília, SPI/EMBRAPA - CNPH. p.679-736.

Brighenti AM, Silva JF, Lopes NF, Cardoso AA & Ferreira LR (1993) Crescimento e partição de assimilados em losna. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 5:41-45.

Campos MA (1995) Sistema de transformação de batata (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Baronesa mediado por *Agrobacterium tumefaciens*. Dissertação de Mestrado. Pelotas, FAEM/UFPel. 93p.

Cardoso MJ, Fontes LAN, Lopes NF, Galvão JD (1987) Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, 34:71-89.

Chiariello NR, Mooney HA, Williams K (1991) Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. In: Pearcy RW, Ehleringer JR, Mooney HA & Rindell PW (Eds) *Plant physiological ecology: fields methods and instrumentation*. New York, Chapman & Hall. p.328-365.

Conceição MK da, Lopes NF & Fortes GR de L (2005) Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomea batatas* (L) LAM), cultivares Abóbora e Da Costa. *Revista Brasileira Agrociência*, 11:273-278.

Daniels J (2000) Avaliação de genótipos de batata para resistência ao vírus Y. *Horticultura Brasileira*, 18:145-147.

Ferreira AT (1998) Transformação de batata (*Solanum tuberosum* L. cvs. Baronesa e Macaca) via *Agrobacterium tumefaciens* visando a obtenção de plantas resistentes ao vírus do enrolamento das folhas (PLRV). Dissertação de Mestrado. Pelotas, FAEM/UFPel. 111p.

Figueira Filho ES, Figueiredo LFA & Monte-Neshich DC (1994) Transformation of potato (*Solanum tuberosum*) cv. Mantiqueira using *Agrobacterium tumefaciens* and evaluation of herbicide resistance. *Plant Cell Reports*, 13:666-670.

Folquer F (1978) La batata (Camote): estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires, Editorial Hemisfério Sur. 145p.

Fontes PCR, Dias EM & Silva JH da (2005) Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 23:94-99.

Foxe MJ (1992) Breeding for viral resistance: conventional methods. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 98:13-20.

- Hunt R (1982) Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis, v.15. London, Edward Arnold. 248p.
- Hunt R (1990) Basic growth analysis. London, Unwin Hyman. 112p.
- Hunt R, Causton DR, Shipley B & Askew P (2002) A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90:485-488.
- Ibarra RWE (1985) Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar em ocho cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Tesis de grado. Maracay. Facultad de Agronomía/ U.C.V. 112p.
- Jorge Y & González F (1997) Estimación Del área foliar em los cultivos de aji y tomate. *Agrrotecnia de Cuba*, 27:123-126.
- Larcher W (1995) *Physiological plant ecology*, 3.ed. Berlin, Springer-Verlag. 506p.
- Lopes NF & Maestri M (1973) Análise de crescimento e conversão de energia solar em populações de milho (*Zea mays* L.) em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, 20:189-201.
- Lopes NF, Oliva MA, Cardoso MJ, Gomes MMS & Souza VF (1986) Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades e fluxo radiante e dois regimes hídricos. *Revista Ceres*, 33:142-164.
- López A & Chaparro A (2007) Propuesta de un sistema de transformación de plantas de papa (*Solanum tuberosum* sp. *andigena* var. *Pastusa suprema*) mediado por *Agrobacterium tumefaciens*. *Agronomía Colombiana*, 25:16-25.
- Machado, AA & Conceição, AR (2002) *WinStat*: sistema de análise estatística para Windows. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/~amachado>>. Acessado em : 15 de dezembro de 2007.
- Medeiros JG, Pereira W & Miranda JEC (1990) Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomea batatas* (L) LAM). *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 2:23-29.
- Mota da Costa DM, Castro LAS & Peters JA (1989) Batata: a busca de maior produtividade. *Horti Sul*, 1:40-42.
- Mota da Costa DM & Lopes NF (1981) Período e velocidade de tuberação em cinco cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Ceres*, 28:530-545.
- Pereira A da S, Souza Z da S & Choer E (2003) Principais cultivares. In: Pereira A da S & Daniels J (Org.) *O cultivo da batata na região sul do Brasil*. 1 ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p.143-153.
- Radford PJ (1967) Growth analysis formulase – their use and abuse. *Crop Science*, 7:71-175.
- Richards FJ (1969) The quantitative analysis of growth. In: Steward FC (Ed.) *Plant Physiology. A treatise*. New York, Academic Press. p.3-76.
- Riechmann JL, Laín S & Garcia JA (1992) Highlights and prospects of potyvirus molecular biology. *Journal of General Virology*, 73:1-16.
- Romano E, Monte DC & Torres AC (2001) Batata transgênica: estado de arte no Brasil e no mundo. *Batata Show*, p.34-35.
- Romano MR (2001) Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) que expressam o gene Lhcb1*2 de ervilha. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP. 66p.
- Schmitz DD (2006) Características fotossintéticas de plantas de batata (*Solanum tuberosum* L.) cvs. Baronesa e Macaca, transformadas geneticamente. Dissertação de Mestrado. Pelotas, UFPel, . 49p.
- Sharma BD, Kaul HN & Singh M (1993) Growth analysis of potato varieties in autumn in subtropical conditions. *New Botanist*, 20:55-64.
- Slater A, Scott N & Fowler M (2003) *Plant Biotechnology: The genetic manipulation of plants*. Oxford, Oxford University Press. 347p.
- Torres AC, Ferreira AT, Melo PE, Romano E, Campos MA, Peters JA, Buso J & Monte DC (1999) Batata transgênica. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 7:74-77.
- Torres AC, Ferreira AT, Romano E, Cattony MK & Nascimento AS (2000) Transformação genética da batata cultivar Achat via *Agrobacterium tumefaciens*. *Horticultura Brasileira*, 18:41-45.
- Zhou YH, Peng YH, Lei JL, Zou LY, Zheng JH & Yu JQ (2004) Effects of potato virus Y^{NTN} infection on gas exchange and photosystem 2 function in leaves of *Solanum tuberosum* L. *Photosynthetica*, 42:417-423.