

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ACUMULO DE MASSA SECA E NITROGÊNIO
DURANTE O CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO
DA CULTURA DA BATATA .**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ADALBERTO LUIZ DE PAULA

Santa Maria, RS, Brasil

2005



UFSM

Dissertação de Mestrado

**ACÚMULO DE MASSA SECA E NITROGÊNIO DURANTE O
CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA
BATATA**

Adalberto Luiz de Paula

PPGA

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**ACÚMULO DE MASSA SECA E NITROGÊNIO DURANTE O
CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA
BATATA**

por

Adalberto Luiz de Paula

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

Orientador: Jerônimo Luiz Andriolo

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ACÚMULO DE MASSA SECA E NITROGÊNIO DURANTE O
CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA BATATA**

Elaborada por
Adalberto Luiz de Paula

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jerônimo Luiz Andriolo, Dr.
(Presidente Orientador)

Dilson Antônio Bisognin, Ph.D. (UFSM)

Carlos Rogério Mauch, Dr. (UFPel)

Santa Maria, 13 de janeiro de 2005

“A felicidade aparece para aqueles que choram. Para aqueles que se machucam. Para aqueles que reconhecem a importância das pessoas que passam por suas vidas”

Clarice Lispector

A Deus pela vida, a meus Pais Irineu B. de Paula e Maria Z. de Paula, aos meus irmãos Flávio e Christiane, a minha esposa Fabiana L. M. de Paula e minha filha Maria Eduarda M. de Paula.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade de realizar o curso.

Ao professor Dr. Jerônimo Luiz Andriolo, pela orientação, amizade e contribuição para meu crescimento.

Aos professores Ph.D, Dilson Antônio Bisognin e Ph.D, Nereu Augusto Streck, pela co-orientação, amizade e principalmente por acreditarem no trabalho.

A minha esposa Fabiana pelo apoio, incentivo, compreensão e carinho em todos os momentos, durante a condução do experimento e elaboração da dissertação.

A minha filha Maria Eduarda, pelo amor e carinho, expressados em um simples sorriso.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pela amizade e ajuda na condução do experimento.

Ao pessoal do laboratório de Análise de Solos, Sr. Luiz Francisco Finamor e o acadêmico e amigo Eduardo Giroto, pela orientação na determinação de N.

Aos amigos, Rodrigo Godói, Izaias Boemo, Orcial Bertolotto, Gisele Barros, Gean da Luz, Viviane de Oliveira e a todos que ajudaram de alguma forma na condução do experimento e pela amizade.

À minha família pelo amor, compreensão e apoio em todos os momentos

E a todos os amigos da Fitotecnia pela amizade, descontração e esclarecimentos das dúvidas no decorrer do experimento.

SUMÁRIO

RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
MATERIAL E MÉTODOS	6
RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
Crescimento, desenvolvimento e produtividade de tubérculo.	8
Curva crítica de diluição do nitrogênio.....	14
CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1**– Composição das soluções nutritivas empregadas como tratamentos para determinação do efeito da disponibilidade de nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.....7
- TABELA 2** – Valores dos coeficientes a , b e r^2 do modelo de diluição do N ($\%N=mMS^{-b}$) relativos a planta inteira, órgãos e diferentes doses fornecidas às plantas de batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.....15
- TABELA 3** – Estimativa do acúmulo de massa seca e de N durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de batata cv. Asterix, para uma produtividade de tubérculos de 52,7 t há⁻¹. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.....19

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** – Índice de área folhar (a) e duração do ciclo (b) de plantas de batata cv. Asterix, cultivadas em substrato com cinco doses de N na solução nutritiva. (T1, T2, T3, T4 e T5 = 5,0; 8,3; 11,3; 14,3 e 16,3 mmolN L⁻¹, respectivamente). Santa Maria, RS, UFSM, 2004.....10
- FIGURA 2** – Massa seca total (MStot), de tubérculos (MStub) e da parte vegetativa (MSveg) (a), relação entre massa seca (MS) de tubérculos e massa seca vegetativa (b), número de tubérculos por planta (c) e massa fresca (MF) por tubérculo de plantas de batata cv. Asterix cultivadas em substrato com cinco doses de N (T1, T2, T3, T4 e T5= 5,0; 8,3; 11,3; 14,3 e 16,3 mmol N L⁻¹). (Figura a: modelo $Y = a + b / (1 + ((x - c) / d)^2)$, com coeficientes *a*, *b*, *c* e *d* e *r*² de 138,9; 160,7; 14,6; 2,8 e 0,99 para Mstot; de 112,5; 132,3; 14,6; 2,7 e 0,99 para Mstub; de 26,3; 28,7; 14,8; 3,4 e 0,94 para Msveg, respectivamente. Figura d: modelo $Y = a + bx + cx^2 + d/x$, com coeficientes *a*, *b*, *c* e *d* e *r*² de -252,7; 35,2; -1,2; 845,8 e 0,99 para massa fresca total e de -295,1; 42,1; -1,5; 974,2 e 0,85 para massa fresca comercial, respectivamente). Santa Maria, RS, UFSM, 2004.....11
- FIGURA 3** – Curvas de diluição do N no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata cv. Asterix, cultivadas com cinco concentrações de N na solução nutritiva. (T1, T2, T3, T4 e T5 = 5,0; 8,3; 11,3; 14,3 e 16,3 mmolN L⁻¹, respectivamente) Santa Maria, RS, UFSM, 2004..... 14
- FIGURA 4** – Curvas críticas de diluição atual ($\%N = 3,6MS^{-0,367}$), obtida por Duchène *et al.* (1997) ($\%N = 5,21MS^{-0,56}$) e por Bélanger *et al.*, (2001) ($\%N = 4,57MS^{-0,42}$) (a) e de acúmulo ($KgN\ ha^{-1} = 36MS^{0,633}$) (b) do N no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.....17
- FIGURA 5** – Curvas críticas de diluição do N nas folhas e hastes (a) e nos tubérculos (b) no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.....18

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

ACÚMULO DE MASSA SECA E NITROGÊNIO DURANTE O CICLO DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA BATATA

AUTOR: Adalberto Luiz de Paula
ORIENTADOR: Jerônimo Luiz Andriolo
Local e data da Defesa: Santa Maria, 13 de janeiro de 2005

O objetivo do trabalho foi determinar o efeito da disponibilidade de nitrogênio sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade de tubérculos de batata e inferir sobre critérios de manejo da adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido no interior de uma estufa telada de 200 m², no departamento de Fitotecnia, na UFSM, no período entre 02 de setembro e 12 de dezembro de 2003. Os tubérculos da cultivar Asterix, de crescimento indeterminado, foram plantados em sacolas de polietileno contendo 5 dm³ de substrato orgânico. A densidade foi de 4,4 plantas m⁻², as quais foram fertirrigadas com solução nutritiva completa. Os tratamentos consistiram de cinco soluções nutritivas com diferentes concentrações de N, em mmol.L⁻¹: 5,0 (T1), 8,3 (T2), 11,3 (T3), 14,3 (T4) e 16,3 (T5). Os demais nutrientes foram fornecidos nas mesmas concentrações para os cinco tratamentos, em mmol.L⁻¹: 8,3 de K⁺; 3,5 de Ca⁺⁺; 1,4 de Mg⁺⁺; 1,4 de SO₄⁻; 1,2 de H₂PO₄, complementados por micronutrientes. Para a determinação da massa seca (MS), número de tubérculos, índice de área foliar (IAF) e teor de nitrogênio nas folhas, caules e tubérculos foram coletadas cinco plantas de cada tratamento em intervalos de sete dias, entre os 43 e 99 dias após o plantio (DAP). O teor de N nas folhas, hastes e tubérculos foi determinado pelo método Kjeldahl. A produtividade de tubérculos foi avaliada pela massa fresca ao final do ciclo da cultura. A massa seca total da planta, dos tubérculos e índice de área foliar aumentaram de T1 até T4, decrescendo na dose T5. A massa seca vegetativa apresentou valores similares em T1 e T2, atingindo o valor máximo em T4. A duração do ciclo da cultura aumentou de 78 dias em T1 para 99 dias em T4 e T5 e o número de tubérculos por planta aumentou com as doses entre T1 e T4. Os resultados sugerem as concentrações de

N entre 14,3 mmolN L⁻¹ e 16,3 mmolN L⁻¹, quando o objetivo de produção visar maximizar o número de tubérculos, e de 12 mmolN L⁻¹ quando visa tamanho grande de tubérculos, a serem empregadas em sistemas hidropônicos abertos com uso de substratos orgânicos. Já os teores de N em cada órgão apresentaram diluição com o crescimento da massa seca em todos os tratamentos, ajustando-se ao modelo potencial %N = aMS^{-b} descrito na literatura. Foi ajustada a curva crítica de diluição do N, com coeficientes *a* e *b* iguais a 3,6 e 0,367, respectivamente, para a planta inteira. Essa curva poderá ser usada como referencial para a interpretação dos resultados de análise foliar e para estimar as quantidades de N extraídas pela cultura no decorrer do crescimento e desenvolvimento.

ABSTRACT

Master's Thesis
Graduation Program of Agronomy
Federal University of Santa Maria – RS, Brazil

DRY MASS AND NITROGEN ACCUMULATION DURING GROWTH AND DEVELOPMENT OF POTATO PLANTS

AUTHOR: Adalberto Luiz de Paula

ADVISOR: Jerônimo Luiz Andriolo
Location and date of presentation: Santa Maria, January 13th, 2005

The goal of this work was to determine the effect of N supply in growth, development and yield of potato plants and the implications to N fertilization in this crop. The experiment was conducted in a greenhouse of the Fitotecnia Department of UFSM, from September 2 to December 12, 2003. Potato tubers of the cv. Asterix were planted in 5 dm³ polyethylene bags filled with an organic substrate. Plant density was 4.4 plants m⁻². Plants were fertigated with a complete nutrient solution. Treatments consisted of five nutrient solutions differing in N concentration, (mmol L⁻¹): 5.0 (T1); 8.3 (T2); 11.3 (T3); 14.3 (T4) and 16.3 (T5). Standard concentrations were used for all other nutrients, (mmol L⁻¹) 8.3 of K⁺; 3,5 of Ca⁺⁺; 1,4 of Mg⁺⁺; 1,4 of SO₄⁻; 1,2 of H₂PO₄⁻ micronutrients were also added. Five plants of each treatment were harvested at seven-day intervals, from 43 to 99 days after planting, to determine dry mass, number of tubers and leaf area index (LAI). The N concentration of plant tissues was determined by Kjeldahl's method. Tuber yield was determined at the end of the experiment. Shoot and tuber dry mass increased with N levels, reaching maximum values at T4 and decreasing at T5. Vegetative dry mass was similar in T1 and T2, reaching the maximum value in T4. Maximum LAI increased by a factor of 0.5 from T1 to T4. Plant cycle increased from 78 days in T1 to 99 days in T4/T5. Tuber number also increased from T1 to T4. Based upon the results, nutrient solutions with N concentrations between 14.3 and 16.3 mmolN L⁻¹ are needed for tuber number; and about 12 mmolN L⁻¹ for maximum tuber size. These N concentrations can be used in open hidroponical systems with organic substrates. Nitrogen dilution was observed in all organs during plant growth and development.

The experimental data fitted well in the model $\%N = aMS^{-b}$ described in the literature. The critical nitrogen curve of the whole plant was adjusted with values of 3.6 and 0.367 for a and b , respectively. This curve can be used as a referential point to infer results from foliar analysis and to estimate N uptake during growth and development of potato plants.

INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) foi originada na Cordilheira dos Andes, na América do Sul. Em 1570 foi levada para Europa e em 1620 foi trazida da Europa para a América do Norte, tornando-se um alimento popular. Esta espécie é dividida em duas subespécies, *S. tuberosum* subsp. *andigena* e *S. tuberosum* subsp. *tuberosum*. A subespécie *andigena* é adaptada a elevadas altitudes, com temperaturas amenas e dias curtos, condições encontradas no centro de origem. A subespécie *tuberosum* passou por uma adaptação a condições de dias longos e temperaturas mais elevadas, após ter sido levada para a Europa (LOPES & BUSO, 1997).

A produção da batata ocupa o quarto lugar em nível mundial, sendo superada pelo trigo, arroz e milho. Atualmente, a produtividade média mundial é de 16 t ha⁻¹. No Brasil, ocorreu a intensificação do cultivo da batata, assim como de outras hortaliças na década de 1920, no cinturão verde de São Paulo. Nos últimos 30 anos dobrou a produção de batata, mesmo com a redução das áreas plantadas. Atualmente a produção representa uma disponibilidade de 15 Kg por habitante/ano (IBGE, 2004). Estes valores são considerados modestos quando comparados com alguns países europeus, em que a disponibilidade é dez vezes maior. Mesmo assim, a batata é um item importante na dieta alimentar brasileira, principalmente na região sul e sudeste, onde se concentra a produção. Hoje a batata se constitui em uma das principais hortaliças cultivadas, tanto em área como em volume produzido, ultrapassando 2,5 milhões de toneladas, suficientes para atender o consumo nacional. A área cultivada no País em 2003 foi de aproximadamente 150 mil hectares, com produtividade média de 20,5 t ha⁻¹ (IBGE, 2004), muito abaixo do potencial produtivo da cultura, que está em torno de 85 t ha⁻¹. Os principais Estados produtores são: Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, totalizando 98% da batata produzida no País. Minas Gerais é o maior produtor com 29% da produção nacional e produtividade média de 26 t ha⁻¹, cuja produção esta concentrada (70%) no sul do Estado. O Estado de São Paulo vem em segundo, responsável por 25% da produção nacional e com uma produtividade média de 25 t ha⁻¹. O Paraná vem em terceiro e é responsável por 23% da produção nacional com uma produtividade média de 18,9 t ha⁻¹, tornando-se na região a hortaliça de maior importância socioeconômica. O Rio Grande do Sul vem em quarto lugar em volume de produção, responsável por 21% da produção nacional. Porém, é o estado que

detém a menor produtividade quando comparado com os outros três estados produtores, atingindo apenas $10,9 \text{ t ha}^{-1}$. Associa-se a este fato a baixa qualidade da batata-semente produzida pelos próprios produtores, acarretando uma maior disseminação de doenças nas lavouras. Entre os municípios que possuem as maiores produções destacam-se, São Lourenço do Sul, situado na região sul do Estado, seguido por Ibiraiaras na região nordeste e por Silveira Martins, na região central, responsável por 15% da produção estadual (UPF, 2004).

Os principais entraves atuais da cultura são os altos custos de produção, decorrentes principalmente da importação de batata-semente de boa qualidade sanitária e dos tratamentos culturais, principalmente os agroquímicos. Para tornar-se competitiva com as demais regiões produtoras, a produção gaúcha tem que encontrar formas de diminuir os custos de produção e aumentar a produtividade. Para que isto seja possível, faz-se necessário disponibilizar aos produtores batata-semente de boa qualidade sanitária e aumentar a eficácia de utilização dos nutrientes, ajustando os níveis de adubação ao potencial produtivo da cultura. Além do aspecto econômico, o correto manejo da adubação também se faz necessário para prevenir prejuízos ao meio ambiente decorrentes da contaminação do lençol freático.

O objetivo deste trabalho foi determinar o acúmulo de massa seca e nitrogênio (N) durante o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da batata cv. Asterix, para ser empregada no manejo da adubação nitrogenada.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção da batata ocupa o quarto lugar em nível mundial, sendo superada pelo trigo, arroz e milho. No Brasil, é a principal hortaliça produzida e consumida, com uma área plantada de 170.000 ha por ano. Atualmente, a produtividade média mundial é de 20,5 t ha⁻¹ (IBGE, 2004). No Brasil, os principais Estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, totalizando 98% da batata produzida no País, com uma produtividade média de 20,5 t ha⁻¹ (IBGE, 2004), muito abaixo do potencial produtivo da cultura, que está em torno de 85 t ha⁻¹. Dentre os Estados brasileiros produtores, o Rio Grande do Sul possui a maior área plantada, com a menor produtividade, de 10,9 t ha⁻¹. Isto se deve principalmente ao emprego de batata semente de baixa qualidade, produzida pelos próprios produtores (IBGE, 2004).

O nitrogênio influencia o crescimento e desenvolvimento da parte vegetativa da planta, especialmente a área foliar, em doses elevadas retarda o início da fase de tuberização. Porém, após essa fase ter sido iniciada, a disponibilidade de nitrogênio influencia também o crescimento dos tubérculos (KRAUSS & MARSCHNER, 1982; WESTERMANN & KLEINKOPF, 1985). Na fase de crescimento vegetativo da emergência até início de tuberização, a absorção de N acompanha o aumento da área foliar da cultura. A fase de tuberização ocorre após a fase de crescimento exponencial da área foliar e os tubérculos em crescimento passam a competir com a parte aérea pelo nitrogênio, causando uma remobilização deste nutriente da parte aérea para os tubérculos. No caso de deficiência de nitrogênio, a remobilização é mais acentuada, promovendo a senescência prematura das folhas, o que encurta o ciclo de produção e reduz o rendimento de tubérculos (WESTERMANN & KLEINKOPF, 1985; CHAMBENOIT et al., 2002). Em condições de carência de nitrogênio, tanto o crescimento da planta quanto a produção de tubérculos são reduzidos (KLEINKOPF et al., 1981; PAULA et al. 1986; YORINORI, 2003). A fração da biomassa total alocada para os tubérculos, definida como índice de colheita, não é afetada pela disponibilidade de nitrogênio. Entretanto, doses mais elevadas retardam o início de tuberização (BÉLANGER et al., 2001). A qualidade dos tubérculos também é influenciada pelo nitrogênio, especialmente os teores de massa

seca e açúcares redutores (KUNKEL & HOLSTAD, 1972; WESTERMANN et al. 1994).

A batata é considerada uma planta de hábito de crescimento indeterminado, sendo que os brotos secundários podem emergir das axilas das folhas ou do tubérculo mãe. Estes brotos secundários são independentes das hastes primárias, os quais podem, por sua vez, emitir outras brotações secundárias. Este processo de emissão de novas brotações também é dependente de nitrogênio, competindo com o início da tuberização, retardando a maturação dos tubérculos (VOS & BIEMOND, 1992; OLIVEIRA, 2000). São escassos os resultados de pesquisas relacionando a disponibilidade de nitrogênio com o acúmulo e partição da massa seca entre os órgãos da planta da batata (FREIRE, 2003).

As doses de adubação nitrogenada a serem fornecidas no decorrer do ciclo de produção das culturas devem ser determinadas considerando critérios de produtividade e sustentabilidade da produção, porque os resíduos não absorvidos pelas plantas apresentam risco de poluição ambiental. Para tal, é necessário dispor de métodos precisos de diagnóstico do estado nutricional da cultura nas diferentes fases do crescimento e desenvolvimento. Um dos métodos de diagnóstico da nutrição nitrogenada das culturas está baseado na curva crítica de diluição, definida como a concentração mínima de N acima da qual não é mais observada resposta no crescimento e produtividade (LEMAIRE E SALETTE, 1984; LEMAIRES et al., 1997_a). Essa curva é explicada fisiologicamente por um modelo mecanístico que leva em conta as dinâmicas de crescimento do compartimento metabólico e estrutural da planta (HARDWICK, 1987; CALOIN & YU, 1984). Entretanto, a mesma curva ajusta-se a um modelo estatístico do tipo potencial, com a seguinte expressão matemática:

$$\%N = a (MS)^{-b} \text{ (eq. 1)}$$

onde $\%N$ representa a concentração crítica de N (N_c), MS a massa seca da parte aérea em $t\ ha^{-1}$ e a e b são coeficientes de ajuste do modelo. A equação da N_c pode ser empregada para estimar as quantidades de N extraídas pelas culturas com massa seca aérea acumulada igual ou superior a $1\ t\ ha^{-1}$, através da seguinte transformação: $KgN = 10.a. MS^{(1-b)}$ (eq. 2). A N_c pode também ser empregada como referencial para interpretar os resultados da análise foliar, através de um índice de nutrição de nitrogênio (INN), obtido pela quociente entre a N_c e a concentração da amostra (LEMAIRE et al., 1997; JUSTES et al., 1994.). Os excessos ou as deficiências na adubação nitrogenada traduzem-se por valores do INN acima ou

abaixo da unidade, respectivamente, indicando as correções a serem efetuadas no manejo da adubação da cultura. Os coeficientes do modelo de diluição do N foram ajustados para outras culturas, como trigo (JUSTES et al., 1994) e tomateiro (TEI et al., 2002). No caso da batata, estimativas dos coeficientes *a* e *b* do modelo foram feitas por GREENWOOD et al., (1990), DUCHÈNNE et al. (1997) e BÉLANGER et al., (2001). Entretanto, esses coeficientes não têm valor universal, devendo ser ajustados para diferentes cultivares e condições ambientais.

A cadeia de produção de batata envolve pelo menos duas etapas distintas, que são a produção de tubérculos-semente e a produção para consumo de mesa ou processamento. No primeiro caso, são escassas na literatura as informações sobre o manejo do nitrogênio, tanto para a produção quanto para a multiplicação de minitubérculos. Essa etapa da cadeia de produção vem sendo conduzida em sistemas hidropônicos de produção, os quais permitem um controle rigoroso da disponibilidade de nitrogênio (MEDEIROS et al., 2002). No segundo caso, também há carência de informações detalhadas sobre o manejo da adubação nitrogenada e os produtores empregam quantidades da ordem de 460 Kg N ha⁻¹, muito acima das necessidades da cultura estimadas em outros países, em torno de 235 Kg N ha⁻¹ (CHAMBENOIT et al., 2002). Faz-se necessário, portanto, desenvolver pesquisas para determinar as exigências de N pela cultura da batata nas diferentes etapas da cadeia produtiva e para cada cultivar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, no interior de um abrigo telado de polietileno de 200 m² de área coberta. O plantio foi efetuado em sacolas de polietileno contendo 5 dm³ de substrato comercial orgânico (Plantmax® Ha). As sacolas foram colocadas sobre camalhões construídos sobre brita tipo1, com dimensões de 0,15 m de altura e 0,40 m de largura. Os camalhões foram cobertos com plástico transparente de 100µ de espessura. Sobre toda a área do experimento foi colocado filme opaco de polietileno de cor preta para o controle de plantas invasoras. O conjunto formado pelas sacolas e tubos gotejadores do sistema de irrigação foi coberto com filme opaco de polietileno dupla-face, para reduzir a evaporação e evitar a incidência direta dos raios solares sobre o substrato. A água e

os nutrientes foram fornecidos diariamente por meio de uma solução nutritiva completa, através dos tubos gotejadores, com vazão de $1,3 \text{ L h}^{-1}$ por sacola. O volume de água retido em cada sacola, na capacidade máxima de retenção foi de 1.250 mL. A frequência das fertirrigações foi determinada diariamente com base na demanda hídrica da cultura, estimada por unidade de radiação solar e de área foliar de hortaliças cultivadas no mesmo local em ambiente protegido (DALSASSO, 1997). A reposição dos nutrientes na solução nutritiva foi feita com base na condutividade elétrica (CE) da solução drenada. Para tanto, foi coletada a solução nutritiva drenada de seis sacolas por tratamento e uma nova fertirrigação foi feita sempre que a CE da solução drenada apresentou valores inferiores 1 dS m^{-1} .

Os tratamentos foram constituídos por cinco soluções nutritivas com diferentes concentrações de nitrogênio ($\text{NO}_3^-/\text{NH}_4$), em mmol L^{-1} 5,0 (T1), 8,3 (T2), 11,3 (T3), 14,3 (T4) e 16,3 (T5). Os demais nutrientes foram fornecidos nas mesmas concentrações para os cinco tratamentos, em mmol.L^{-1} : 8,3 de K^+ ; 1,75 de Ca^{++} ; 1,2 de H_2PO_4^- ; 0,7 de Mg^{++} e, em mg L^{-1} : 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn e 1,0 de Fe. Os fertilizantes empregados nos tratamentos e suas respectivas quantidades em mg L^{-1} estão apresentados na (Tabela 1). Como pode ser observado nesta mesma tabela, somente o tratamento 1 recebeu fontes de potássio e cálcio diferentes dos demais tratamentos como artifício encontrado para manter a concentração de nitrogênio em 5 mmol.L^{-1} , dosagem estabelecida para este tratamento. A condutividade elétrica foi de 1,7; 1,87; 2,19; 2,51 e 2,72 dS m^{-1} nos tratamentos T1 a T5, respectivamente. O pH foi mantido entre os limites de 5,3 e 6,0. Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições de 25 sacolas. Os tratamentos foram dispostos aleatoriamente dentro da área experimental.

O plantio foi efetuado em 02/09/2003, com a cultivar Asterix, em um arranjo de 0,75 m entre fileiras e 0,30 m entre sacolas e densidade de 4,4 sacolas m^{-2} , totalizando 75 sacolas por tratamento. A partir dos 43 dias após o plantio (DAP), foram coletadas as plantas de cinco sacolas de cada tratamento, em intervalos de sete dias, até os 99 DAP. As plantas situadas nas bordaduras das parcelas e de plantas já coletadas não foram empregadas para efetuar determinações. Imediatamente após a coleta, foram separados os limbos foliares, hastes e tubérculos, os quais foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 60°C , até massa constante. A área foliar específica (SLA)

de cada planta coletada foi determinada através da massa seca de 30 discos de $1 \times 10^{-4} \text{m}^2$ de diâmetro. Uma relação foi estabelecida entre a massa seca e a superfície dos discos, a qual foi empregada para estimar o índice de área foliar da planta.

TABELA 1 - Composição das soluções nutritivas empregadas como tratamentos para determinação do efeito da disponibilidade de nitrogênio sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

Fertilizantes	Tratamentos (mg. L ⁻¹)				
	T1	T2	T3	T4	T5
KNO ₃	252,75	485,28	485,28	485,28	485,28
Ca(NO ₃) ₂	295,25	413,35	413,35	413,35	413,35
KH ₂ PO ₄	163,32	163,32	163,32	163,32	163,32
K ₂ SO ₄	200,44	0	0	0	0
KCl	171,58	171,58	171,58	171,58	171,58
CaCl ₂	55,5	0	0	0	0
MgSO ₄	172,48	172,48	172,48	172,48	172,48
NH ₄ NO ₃	0	0	240	480	640

As determinações relativas ao número e massa fresca de tubérculos foram feitas ao final do ciclo da cultura, em 25 sacolas de cada tratamento. O ponto de colheita dos tubérculos foi determinado visualmente, pelos sinais de senescência das folhas e hastes, quando as mesmas atingiram o estágio 87 pela escala de BÄTZ et al. (1980). As colheitas foram feitas aos 78, 85 e 92 (DAP) nos tratamentos T1, T2 e T3 e aos 99 (DAP) nos tratamentos T4 e T5 respectivamente. Os tubérculos colhidos foram separados em comerciais e não comerciais, no caso de o menor diâmetro atingir valor superior ou inferior a 23 mm, respectivamente. Os resultados comparativos entre todos os tratamentos foram submetidos à análise de regressão, ajustando-se para cada variável o modelo estatístico de maior coeficiente de determinação e de menor grau, sem diferença significativa com o(s) modelo(s) de grau superior.

Para ajustar a curva crítica de diluição do N, a massa seca de cada órgão proveniente das coletas efetuadas foi submetida a moagem em moinho do tipo

Willey e a concentração de N determinada pelo método Kjeldahl, seguindo a metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). A determinação dos pontos críticos para o ajuste da curva crítica de diluição do N (LEMAIRE et al., 1997) foi feita de acordo com a metodologia descrita por JUSTES et al. (1994). Essa metodologia tem como premissa à existência de uma relação alométrica entre a absorção de nitrogênio (Kg ha^{-1}) e a acumulação de massa seca (t ha^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento, desenvolvimento e produtividade de tubérculos.

O maior valor do índice de área folhar atingido pelas plantas em cada tratamento aumentou por um fator igual a 0,50 entre T1 e T4 (Figura 1a). Os dados ajustaram-se a um modelo estatístico $Y = 2,6 + 1,2 / (1 + ((x-14,6)/3,1)^2)$, com $r^2 = 0,98$, com ponto de máxima estimado na dose de $14,6 \text{ mmol N L}^{-1}$. A duração do ciclo da cultura aumentou com as doses de N, passando de 78 dias em T1 para 99 dias em T4 e T5, segundo uma relação polinomial (Figura 1b).

A massa seca total da planta aumentou de T1 até T4, decrescendo na dose T5 (Figura 2a). Os acréscimos de produção de massa seca com o incremento do N fornecido na solução nutritiva foram em proporção de 11,12% de T1 para T2, de 22,36% de T2 para T3, de 45,56% de T3 para T4, com decréscimo de 13,0% de T4 para T5. A eficiência de utilização do N em relação às doses fornecidas variou de 30,0; 20,1; 18,1; 20,8 e 15,9g massa seca mmolN L^{-1} fornecido na solução nutritiva. A resposta do crescimento entre as doses ajustou-se ao modelo estatístico $Y = 138,9 + 160,7 / (1 + ((x-14,6)/2,8)^2)$, com $r^2 = 0,99$ e ponto de máxima estimado na dose de $14,6 \text{ mmolN L}^{-1}$. A massa seca vegetativa apresentou valores similares em T1 e T2, atingindo o valor máximo em T4, com diferença significativa de T3 ($P < 0,05$). A relação entre o crescimento dos tubérculos e da massa seca total da planta foi linear, indicando um fator de proporcionalidade de 4,23 g de tubérculos por g de massa seca vegetativa, independentemente da disponibilidade de N (Figura 2b). A fração da massa seca da parte aérea em relação a massa seca total atingiu uma média de 0,11 g por g para as folhas, de 0,08 g por g para o caule, e de 0,81 g por g para os tubérculos, sem diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$). O

número de tubérculos comerciais por planta aumentou com as doses de N, seguindo uma tendência polinomial até a dose do tratamento T5, igual a 16,3 mmolN L⁻¹ (Figura 2c). O tamanho médio dos tubérculos decresceu de forma similar nas duas doses mais elevadas, o mesmo ocorreu para a categoria comercial analisada separadamente (Figura 2d). Isto ocorreu devido o nitrogênio estimular a emissão de tubérculos, mesmo quando a planta estiver iniciando a senescência, com isso, não há tempo hábil de enchimento completo dos tubérculos, permanecendo menores e imaturos. Porém, tubérculos menores possuem maior concentração de nitrogênio, pois ainda não sofreu diluição pelo aporte de massa seca. Esses resultados ajustaram-se ao modelo estatístico $Y = -295,1 + 42,1x - 152x^2 + 974,2/x$, com $r^2 = 0,99$ e ponto de máximo estimado na dose de 11,8 mmolN L⁻¹ para a categoria comercial e não comercial e ao modelo do mesmo tipo $Y = -252,7 + 35,2x - 1,2x^2 + 845,8/x$, com $r^2 = 0,85$ e ponto de máxima estimado na dose de 12,2 mmolN L⁻¹ quando a produção visa somente tamanho de tubérculos comerciais.

A produtividade de um clone de batata depende do número de hastes por unidade de área de solo, que se refletirá por sua vez no índice de área foliar, no número de tubérculos por haste e por último no tamanho dos tubérculos (MORENA et al., 1994; BÉLANGER et al., 2002). Porém, resultados disponíveis na literatura demonstram também a existência de uma relação entre a acumulação e partição de massa seca pela cultura da batata e a disponibilidade de nitrogênio durante o ciclo de crescimento. Essa relação não é constante, variando de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura (KLEINKOPF et al., 1981; WESTERMANN & KLEINKOPF, 1985). Resultados similares foram encontrados no atual experimento, referente a produtividade e na exigência de nitrogênio no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultivar asterix.

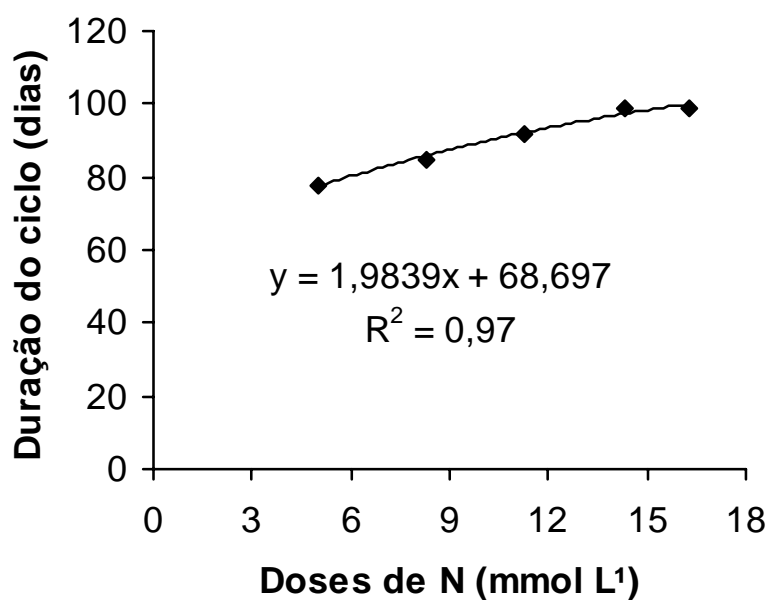
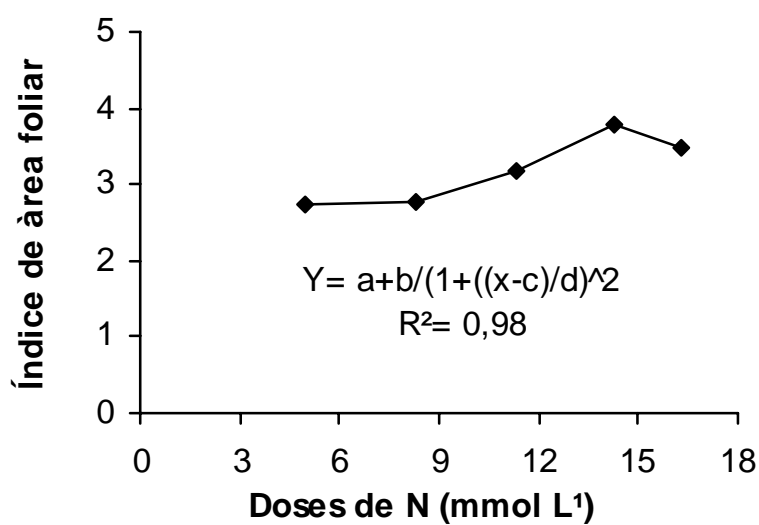


FIGURA 1 – Índice de área foliar (a) e duração do ciclo (b) de plantas de batata cv. Asterix, cultivadas em substrato com cinco doses de N na solução nutritiva. (T1, T2, T3, T4 e T5 = 5,0; 8,3; 11,3; 14,3 e 16,3 mmolN L⁻¹, respectivamente). Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

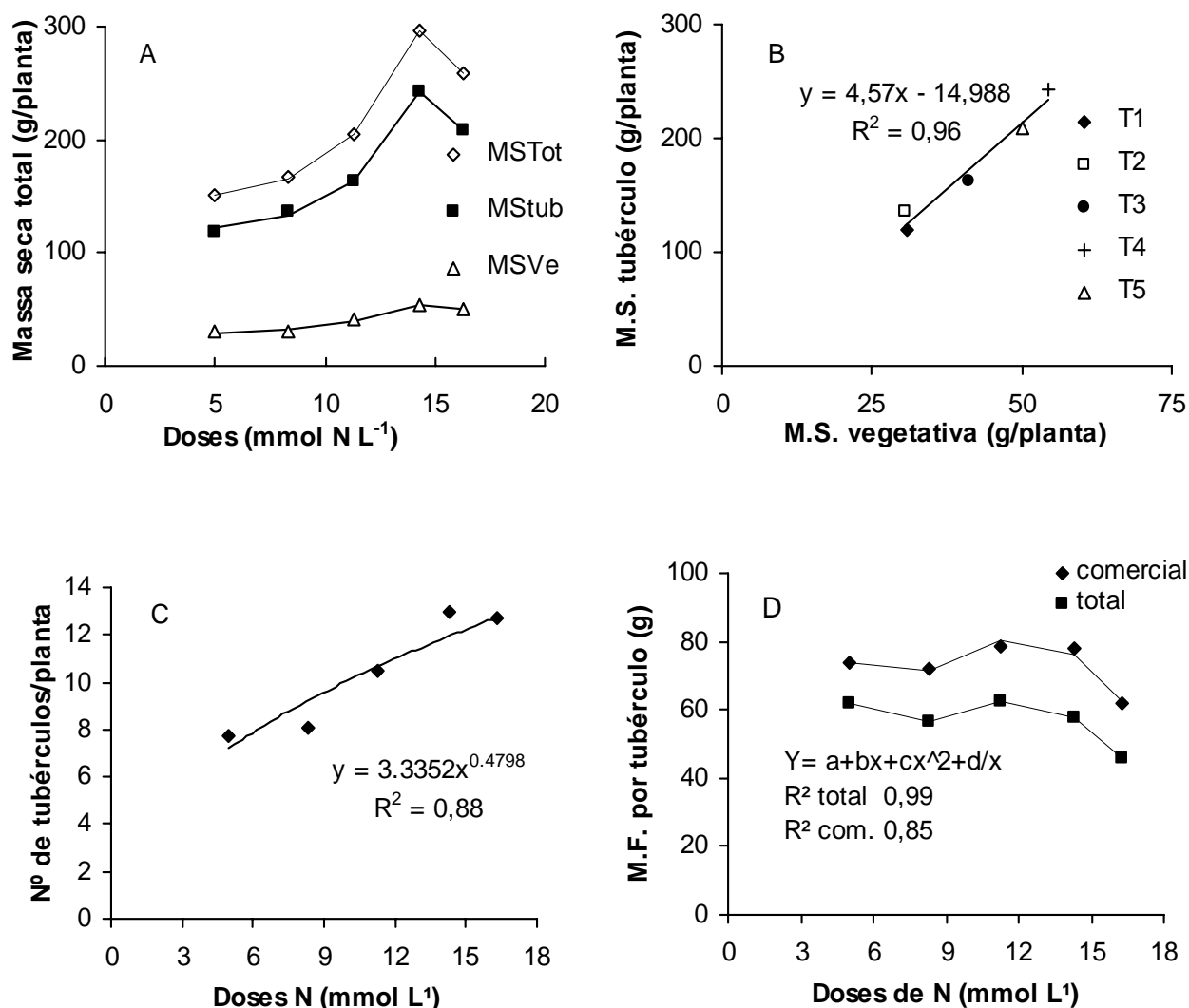


FIGURA 2 - Massa seca total (MStot), de tubérculos (MStub) e da parte vegetativa (MSveg) (a), relação entre massa seca (MS) de tubérculos e massa seca vegetativa (b), número de tubérculos por planta (c) e massa fresca (MF) por tubérculo de plantas de batata cv. Asterix, cultivadas em substrato com cinco doses de N (T1, T2, T3, T4 e T5 = 5,0; 8,3; 11,3; 14,3 e 16,3 mmolN L⁻¹). (Figura a: modelo $Y = a+b/(1+((x-c)/d)^2)$, com coeficientes a , b , c e d e r^2 de 138,9; 160,7; 14,6; 2,8 e 0,99 para Mstot; de 112,5; 132,3; 14,6; 2,7 e 0,99 para Mstub; de 26,3; 28,7; 14,8; 3,4 e 0,94 para Msveg, respectivamente. Figura d: modelo $Y = a+bx+cx^2+d/x$, com coeficientes a , b , c e d e r^2 de -252,7; 35,2; -1,2; 845,8 e 0,99 para massa fresca total e de -295,1; 42,1; -1,5; 974,2 e 0,85 para massa fresca comercial, respectivamente). Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

Os resultados de VOS & BIEMOND, (1992) indicaram a existência dessa relação somente na primeira fase do ciclo de desenvolvimento da cultura, ou seja, até o início da tuberização. Os resultados atuais confirmam as observações desses autores, porque tanto a massa seca total como da parte vegetativa aumentaram de T1 a T4 (Figura 2a). Com relação à partição da massa seca, VOS (1997) observou uma redução na fração da biomassa total nos tubérculos com o aumento da fertilização nitrogenada. Outros autores (WESTERMANN & KLEINKOPF 1985; BÉLANGER et al. 2001) observaram uma fração constante da biomassa alocada para os tubérculos, mesmo com o aumento das doses de fertilização nitrogenada. O efeito das doses elevadas de N foi observado somente no retardamento do início da tuberização. Essas observações também são confirmadas pelos atuais resultados obtidos com a cv. Asterix, cujo ciclo de desenvolvimento aumentou de forma polinomial no intervalo das doses testadas. A menor duração do ciclo da cultura ocorreu na dose inferior, porém o crescimento obtido com essa dose foi menor do que aquele obtido nas doses mais elevadas. Esse fato pode ser atribuído à redução da área foliar que ocorreu associada à carência de nitrogênio, pois esse elemento é determinante do crescimento da parte vegetativa da planta (LEMAIRE et al., 1997). Dados de literatura indicam que uma proporção correspondente a 98% da quantidade total de N é absorvida na fase de crescimento vegetativo da cultura da batata, durante a qual ocorre apenas 80% do crescimento dos tubérculos. A fração restante de 20% do crescimento dos tubérculos ocorre na fase seguinte, pela translocação de assimilados e remobilização do nitrogênio da parte vegetativa (KLEINKOPF et al., 1981). DUCHENNE et al. (1997) verificaram que as concentrações de nitrogênio dos tecidos aéreos e dos tubérculos devem situar-se em limites não inferiores a 80% da concentração ótima requerida para alcançar seu crescimento potencial. Dessa forma, as quedas de produtividade por deficiência de N são atribuídas tanto ao crescimento reduzido como a menor duração do ciclo da cultura.

A dose de N mais elevada em T5 reduziu a massa fresca e seca dos tubérculos (Figuras 2a,d) de forma mais marcante que o efeito sobre a duração do ciclo (Figura 1b) e o número de tubérculos por planta (Figura 2c). Isso significa que o menor crescimento não pode ser atribuído a uma diminuição no número de drenos da planta, mas provavelmente a redução da capacidade de dreno. Esse processo

estaria por sua vez associado ao equilíbrio hormonal da planta, principalmente pela maior concentração de Auxinas e Giberilinas nos meristemas apical e axilar, com alterações no balanço entre o crescimento dos compartimentos vegetativo, de armazenamento e radicular (FERNIE & WILLMITZER, 2001). Como o N estimula tanto o crescimento vegetativo como o aumento na duração do ciclo, a remobilização dos assimilados da parte aérea para os tubérculos é reduzida e retardada. Além de não contribuir para a produção de tubérculos, a massa seca que permanece na parte vegetativa da planta implica em um aumento do consumo de assimilados pela respiração, que será tanto maior quanto mais elevado for o índice de área foliar (WESTERMANN & KLEINKOPF, 1985; CHAMBENOIT et al., 2002).

Os resultados apresentados nesse trabalho poderão ser empregados no manejo da cultura da batata, tanto nas fases de multiplicação de minitubérculos quanto de produção comercial. No primeiro caso, permitem indicações sobre as concentrações de N a serem observadas na composição das soluções nutritivas a serem empregadas em sistemas hidropônicos abertos com uso de substratos orgânicos. Essas concentrações estariam situadas entre 14,3 mmolN L⁻¹ e 16,3 mmolN L⁻¹, que caracterizaram as doses T4 e T5, quando o objetivo de produção visar maximizar o número de tubérculos. No caso de o objetivo visar o tamanho dos tubérculos, concentrações mais baixas, em torno 12 mmolN L⁻¹, seriam mais adequadas. Essas concentrações são inferiores àquelas que têm sido empregadas por outros autores, de até 25 mmolN.L⁻¹ (MEDEIROS et al., 2002), permitindo redução de custos, diminuição das quantidades de NO₃⁻ descartadas no ambiente e menores riscos de queda de produtividade por doses excessivas de N. Nos sistemas de produção convencional no solo, tanto para multiplicação quanto para produção comercial de tubérculos, os resultados poderão servir de base referencial para estimar as épocas preferenciais de fornecimento do nitrogênio pela adubação, de acordo com o acúmulo de massa seca da cultivar, de forma a aumentar a eficiência de uso do nitrogênio pela cultura.

Curva crítica de diluição do nitrogênio.

Foi observada diluição da concentração do N nos tecidos em nível da planta inteira nos cinco tratamentos empregados (Figura 3). Os teores mais baixos foram identificados nas plantas de T1 e os mais elevados naquelas de T4 e T5, os quais não diferiram significativamente.

O valor do coeficiente a , que indica a concentração de N nas fases jovens da planta, variou entre 2,63 e 3,61, respectivamente (Tabela 2). O coeficiente b , que indica a intensidade da diluição no decorrer do crescimento da planta, aumentou de 0,51 em T1 para 0,29 em T5.

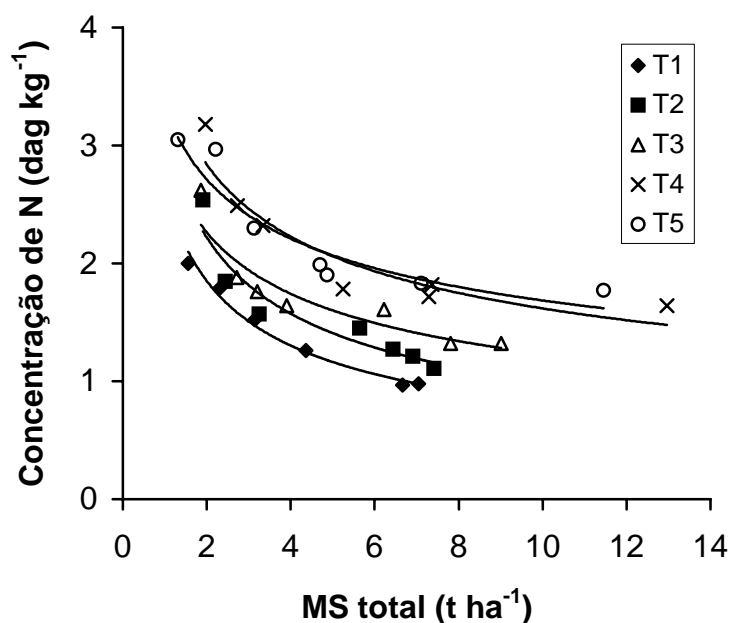


FIGURA 3 - Curvas de diluição do N no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata cv. Asterix, cultivadas com cinco concentrações de N na solução nutritiva.. (T1, T2, T3, T4 e T5 = 5,0; 8,3; 11,3; 14,3 e 16,3 mmol N L⁻¹, respectivamente). Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

A curva crítica em nível da planta inteira apresentou valores de 3,60 e -0,37, para os coeficientes *a* e *b*, respectivamente (Tabela 2 e Figuras 4 e 5). As folhas e hastes analisadas separadamente apresentaram valores de 4,03 e -0,82 e de 1,60 e -0,52, respectivamente, enquanto nos tubérculos esses valores foram de 1,56 e -0,22, respectivamente. Esses resultados indicam que os teores de N mais elevados encontraram-se nas folhas e os mais baixos nos tubérculos. Por outro lado, foram as folhas que diminuíram mais rapidamente o teor de N no decorrer do ciclo de crescimento da cultura, como indica o valor do coeficiente *b* para esse órgão, igual a -0,82. De forma inversa, a diluição apresentada pelos tubérculos foram menores, indicada pelo valor de *b* igual a -0,22. Mesmo com uma concentração menor de nitrogênio em relação aos demais órgãos da planta, são os tubérculos que determinam as necessidades de nitrogênio pela cultura, em virtude dos tubérculos representarem mais de 80% da massa seca total da planta.

TABELA 2 – Valores dos coeficientes *a*, *b* e r^2 do modelo de diluição do N ($\%N=m.MS^{-b}$) relativos a planta inteira, órgãos e diferentes doses fornecidas às plantas de batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

Material	Tratamento	Coeficiente <i>a</i>	Coeficiente <i>b</i>	r^2
Planta inteira	T1	2,63	-0,51	0,99
Planta inteira	T2	3,03	-0,50	0,92
Planta inteira	T3	2,94	-0,38	0,88
Planta inteira	T4	3,61	-0,35	0,88
Planta inteira	T5	3,33	-0,29	0,88
Curva crítica total	-	3,60	-0,37	0,72
Curva crítica de folhas	-	4,03	-0,82	0,92
Curva crítica de hastes	-	1,60	-0,52	0,59
Curva crítica de tubérculos	-	1,56	-0,22	0,72

Os resultados atuais confirmam dados anteriores publicados por outros autores, indicando a diluição do N no decorrer do ciclo de produção da cultura da batata (GREENWOOD et al., 1990; DUCHÈNNE et al., 1997; BÉLANGER et al.,

2001). Entretanto, os valores atuais dos coeficientes do modelo potencial diferem daqueles obtidos por esses autores. GREENWOOD et al. (1990) ajustaram a curva crítica total com dados obtidos em lavouras localizadas na Holanda e na Inglaterra, obtendo valores de 5,36 e $-0,46$ para os coeficientes a e b , respectivamente. Em lavouras francesas, DUCHÈNNE et al. (1997) apontaram valores de 5,21 e $-0,56$, respectivamente. Os valores de BÉLANGER et al. (2001) foram obtidos no Canadá e variaram entre 4,5 e 5,4 para o coeficiente a e entre $-0,42$ e $-0,58$ para o coeficiente b , em experimentos com diferentes cultivares e manejo diferenciado da irrigação. O valor atual de 3,6 para o coeficiente a foi inferior àqueles autores, enquanto o valor de $-0,37$ para o coeficiente b foi superior (Figura 4a). Isso significa que nas plantas do atual experimento os teores de N foram mais baixos na fase jovem da cultura e apresentaram menor diluição no decorrer do ciclo. Dois fatores podem ser apontados para explicar essas diferenças. O primeiro refere-se às condições ambientais, especialmente radiação solar e fotoperíodo. Em latitudes mais elevadas, acima de 29° onde foi conduzido o atual experimento, a amplitude das variações radiativa e fotoperiódica é maior ao longo das estações do ano. O fotoperíodo é um dos fatores que mais influencia o início da fase de tuberização da planta da batata (KOOMAN, 1996), a qual tem início somente quando o fotoperíodo crítico da cultivar é atingido. Enquanto essa fase não é alcançada, o crescimento da cultura é apenas vegetativo, com teores mais elevados de N nos tecidos, em relação aos órgãos de acumulação e reserva, ou seja, a duração do período vegetativo influencia o teor de N nos tecidos da planta. O segundo fator tem relação com a partição da massa seca entre a parte aérea e os tubérculos, que passa a ocorrer após o início e crescimento dos tubérculos. Os tubérculos exercem efeito de diluição do N em nível da planta inteira, devido a elevada fração ponderal na massa seca total, que foi de 0,81 no atual experimento. Na fase final do ciclo da cultura, a massa seca dos tubérculos com baixo teor de N, passa a ser determinante do teor na planta inteira. No início da senescência ocorre a remobilização do N das partes vegetativas para os tubérculos, contribuindo também para a diminuição do teor de N. A cv. Asterix é de ciclo médio, de aproximadamente 90-100 dias após o plantio (DAP), mais precoce que as cultivares utilizadas em países de latitude mais elevadas, que podem chegar a até 180 DAP (CHAMBENOIT et al., 2002). Tanto no atual experimento quanto na multiplicação de batata-semente, a colheita dos tubérculos é feita antes que os processos da senescência e da remobilização do N da parte vegetativa da planta

tenham sido concluídos, restando nessa fase tubérculos pequenos e imaturos com alto teor de N.

As curvas críticas de diluição que foram ajustadas poderão ser empregadas como referencial para a interpretação dos resultados de análise foliar de plantas dessa cultivar de batata, através do índice de nutrição do nitrogênio (INN). Para tal, faz-se necessário conhecer a massa seca acumulada pela cultura até o momento em que foram coletadas as amostras a analisar.

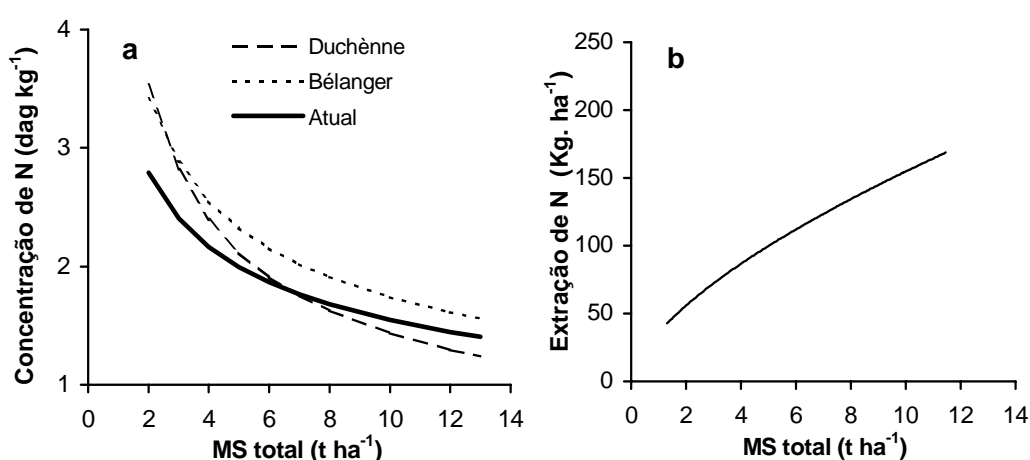


FIGURA 4 - Curvas críticas de diluição atual ($\%N=3,6MS^{-0,367}$), obtida por DUCHÈNNE et al. (1997) ($\%N=5,21MS^{-0,56}$) e por BÉLANGER et al., (2001) ($\%N=4,57MS^{-0,42}$) (a) e de acumulação ($KgN\ ha^{-1}=36MS^{0,633}$) (b) do N no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

Para culturas conduzidas na região e no período de primavera, essa estimativa poderá ser realizada a partir de uma relação entre a acumulação de massa seca total e o número de dias transcorridos desde o plantio (DAP). Essa relação foi: $MS = 0,0912DAP^2 - 7,2756DAP + 189,67$ ($r^2=0,98$), até o limite de 82 DAP. As quantidades de N a serem fornecidas a cultura pela adubação poderão ser estimadas pelo modelo da eq. 2 (Figura 4b), de forma a ajustar essas quantidades de acordo com as necessidades da cultura e reduzir as perdas por lixiviação no decorrer do ciclo. As quantidades de N a serem fornecidas no decorrer do ciclo de

produção para uma produtividade máxima de tubérculos de $52,7 \text{ t ha}^{-1}$ e um índice de colheita de 81% (Tabela 3). No caso de outras cultivares com padrões de crescimento diferentes daquele da Asterix, ajustes far-se-ão necessários para levar em consideração possíveis alterações na partição da massa seca entre a parte aérea e os tubérculos. Além disto, as quantidades devem ser adaptadas em função do teto de produtividade a ser obtido e do índice de colheita, os quais podem variar com as condições ambientais durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultura.

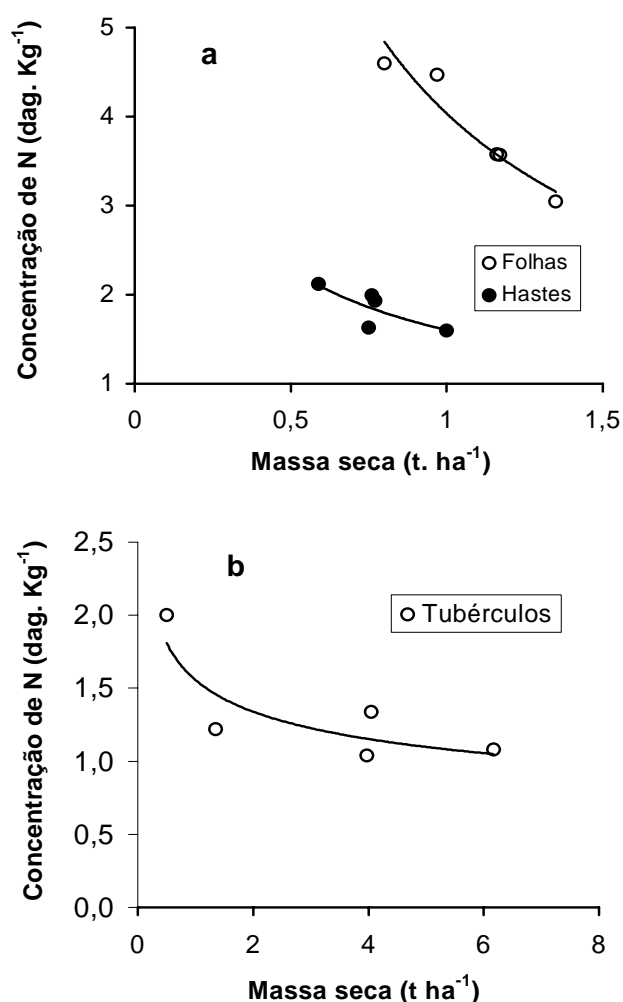


FIGURA 5 - Curvas críticas de diluição do N nas folhas e hastes (a) e nos tubérculos (b) no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

TABELA 3- Estimativa do acúmulo de massa seca e de N durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento da batata cv. Asterix, para uma produtividade de tubérculos de 52,7 t ha⁻¹. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

Dias após o plantio	Massa seca acumulada (t/ha) (MS=0,0912DAP ² -7,2756DAP+189,67)	Quantidade de N extraído (KgN/ha = 10*aMS ^(1-b))
40	1.961	55,18
47	2.164	58,73
54	2.760	68,51
61	3.749	83,17
68	5.132	101,45
75	6.908	122,45
82	9.077	145,56

CONCLUSÕES

As plantas de batata da cultivar Asterix acumulam massa seca nos diferentes órgãos em resposta a adubação nitrogenada até a dose de 14,3 mmolN L⁻¹.

As doses de nitrogênio compreendidas entre 14,3 e 16,3 mmolN L⁻¹ podem ser empregadas para a multiplicação de minitubérculos em cultivo hidropônico com substrato orgânico.

O modelo potencial $\%N = a.MS^{-b}$ ajusta-se a dinâmica de acúmulo de massa seca e nitrogênio durante o crescimento e desenvolvimento da cultura da batata cv Asterix.

A curva crítica pode ser empregada como referência para o diagnóstico nutricional, associada com análise foliar e acúmulo de massa seca da cultura da batata cultivar asterix.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

BATZ, W., et al. **Entwicklungsstadien der kartoffel**. Berlin: Biologische Bundesanstalt für land-und forstwirtschaft, 1980. 7p. Merkblatt, Nr. 27/5.

BÉLANGER G., et al. Tuber growth and biomass partitioning of two potato cultivars grown under different N fertilization rates with and without irrigation. **American Potato Journal**, v.78, p. 109 – 117, 2001.

BÉLANGER, G. W., et al. Critical Nitrogen Curve and Nitrogen Nutrition Index for Potato in Eastern Canada. **American Journal of Potato Research**, v. 78, p. 355-364, 2001.

CALOIN M; YU O. Analysis of the time course of change in nitrogen content in *Dactylis glomerata* L. using a model of plant growth. **Annals of Botany**, v. 54, p. 64-76, 1984.

CHAMBENOIT, C. et al. **Fertilization azotée de la pomme de terre**. Paris: INRA, 2002. 128 p.

DALSASSO, L.C.M., et al. Consumo de água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 61 – 67, 1997.

DUCHÈNNE, T.; MACHET, J.M.; MARTIN, M. Potatoes. In : LEMAIRE, G. (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer-Verlag, 1997, p. 119-130.

EPAGRI. **Sistemas de produção para batata-consumo e batata-semente em Santa Catarina**. 3. ed. Florianópolis: EPAGRI, 2002. 123 p.

FERNIE, A.R.; WILLMITZER, L. Molecular and biochemical triggers of potato tuber development. *Plant physiology*, v. 127, p. 1459-1465, 2001.

FREIRE, C.J.S., Correção e adubação do solo. In: PEREIRA, A.S; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2003. Cap. 3. p. 159 – 176.

GREENWOOD, D.J., et al. Decline in percentage N of C₃ and C₄ crops with increasing plant mass. **Annals of Botany**, 66, 425-436, 1990.

HARDWICK, R.C. The nitrogen content of plants and the self-thinning rule of plant ecology: a test of the core-skin hypothesis. **Annals of Botany**, v. 60, p. 139-446, 1987.

IBGE, DPE, DEAGRO – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, confronto das safras de 2003 e das estimativas para 2004..Disponível em: <<http://www.IBGE.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2004

JUSTES, E., et al. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. **Annals of Botany**, v. 74, p. 397-404, 1994.

KLEINKOPF, G.E., et al. Dry matter production and nitrogen utilization by six potato cultivars. **Agronomy Journal**, v. 73, p. 799 – 802, 1981.

KOOMAN, P.L., et al. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. **European Journal of Agronomy**, Wageningen, v.5, p. 207-217, 1996.

KRAUSS A., MARSCHNER H. Influence of nitrogen nutrition, daylength and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid on tuberization in potato plants. **Potato research**, v. 25, p. 13-21, 1982.

KUNKEL, R.;HOLSTAD, N. Potato chip color, specific gravity and fertilization of potatoes with N,P,K. **American Potato Journal**, v. 49, p.43-62, 1972.

LEMAIRE G.; SALETTE, J. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Étude de l'effet du milieu. **Agronomie**, v. 4, p. 423-430, 1984.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; PLENET, D. Dynamics of N uptake and N distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G.; BURNS, I.G. (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Paris:INRA, 1997. p. 15-29.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; PLENET, D. Dynamics of N uptake and N distribution in plant canopies. Use of crop N status index in crop modelling. In : LEMAIER, G. (Ed.). **Diagnostic procedures for crop N management**. Paris: INRA, 1997, p. 16-29.

LOPES, C.A.; BUSO, J.A.**Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Embrapa Hortaliças, 1997. 35p. Boletim Técnico, 08.

MEDEIROS, C. A. B. et al. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.1, p. 110 – 114, 2002.

MORENA, I., et al. Yield development in potatoes as influenced by cultivar and the timing and level of nitrogen fertilization. **American Potato Journal**, v. 71, p. 165-173, 1994.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.

OLIVEIRA, C.A.S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.5, p. 939- 950, 2000.

PAULA, M.B. et al. Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. **Horticultura Brasileira**, v.4, n.1, p.10-16, 1986.

TEDESCO, M.J., et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 173 p.

TEI, F.; BENINCASA, P.; GUIDUCCI, M. Critical nitrogen concentration in processing tomato. **European Journal of Agronomy**, v.18, p. 45-55, 2002.

UPF. Pesquisa da UPF analisa produção de batata semente. Disponível em: <www.Universiabrasil.net/portada/actualidade/noticia>. Acesso em 30 nov. 2004.

VOS, J.; BIEMOND, H. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 1. Leaf appearance, expansion growth, lifespans of leaves and stem branching. **Annals of Botany**, v. 70: p. 27–35, 1992.

WESTERMANN, D.T. et al. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. **American Potato Journal**. v.71, p. 433 – 453, 1994.

WESTERMANN, D.T.; KLEINKOPF G. E.. Nitrogen Requirements of Potatoes. **Agronomy Journal**. v.77, p. 616– 621, 1985.

YIN, X. et al. Some quantitative relationships between leaf area index and canopy nitrogen content and distribution. **Annals of Botany**, v. 91, p. 893-903, 2003.

YORINORI, G.T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. 'Atlantic'**. Piracicaba, 2003. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.