

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

**Crescimento, qualidade de tubérculos e  
relação N/K da cultura da batata cultivada  
sob doses elevadas de Potássio**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CLARISSA MELO COGO**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**



**UFSM**

Dissertação de Mestrado

**CRESCIMENTO, QUALIDADE DE TUBÉRCULOS E  
RELAÇÃO N/K DA CULTURA DA BATATA CULTIVADA  
SOB DOSES ELEVADAS DE POTÁSSIO**

---

**Clarissa Melo Cogo**

**PPGA**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

**CRESCIMENTO, QUALIDADE DE TUBÉRCULOS E  
RELAÇÃO N/K DA CULTURA DA BATATA CULTIVADA  
SOB DOSES ELEVADAS DE POTÁSSIO**

**por**

**Clarissa Melo Cogo**

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**

**2006**

**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

**CRESCIMENTO, QUALIDADE DE TUBÉRCULOS E RELAÇÃO N/K  
DA CULTURA DA BATATA CULTIVADA  
SOB DOSES ELEVADAS DE POTÁSSIO**

Elaborada por  
**Clarissa Melo Cogo**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Jerônimo Luiz Andriolo, Dr. (UFSM)**  
(Presidente Orientador)

---

**Nereu Augusto Streck, Ph.D. (UFSM)**

---

**Carlos Rogério Mauch, Dr. (UFPEl)**

Santa Maria, 20 de fevereiro de 2006

“Peçam e receberão; procurem e acharão; batam, e a porta se abrirá. Porque todos os que pedem recebem; os que procuram acham; e a porta se abre para quem bate.”

Mateus 7 : 7 - 8

A Deus pela vida e fé em tudo que tenho e faço. A meu querido pai Modesto Constantino Cogo (in memoriam) pelos ensinamentos deixados.

**Ofereço...**

A minha querida mãe Celi Melo Cogo e às minhas irmãs Cristina e Carine pelo eterno amor e incansável apoio.

**Dedico...**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, pela natureza, pelas plantas e solos, pelo sol, o mar, as estrelas. Por iluminar meus caminhos e por estar presente em cada momento de minha vida.

Ao Prof. Dr. Jerônimo Luiz Andriolo, pela paciência, orientação, amizade, carinho e dedicação sem limites.

Aos professores, Dílson Bisognin e Nereu Augusto Streck, pela co-orientação, convivência, amizade e aprendizado.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da UFSM, por todos os conhecimentos adquiridos durante o Mestrado.

Aos funcionários do departamento de Fitotecnia, em especial, João Colpo pela incansável disposição na instalação e no desenvolvimento do experimento.

Ao funcionário do Laboratório de Análises de Solos, do Departamento de Solos, da UFSM, Luiz Francisco Finamor, pela total dedicação às análises minerais.

Aos colegas de graduação Benjamin D. Osório Filho, Alessandra Kieling, Rosana C. Meneghetti, Átila Cardinal, Caroline Giraldi, Paula M. dos Santos, Rejane R. Kuss, Luiz Fernando Siqueira, Mônica V. Reffatti, Aline de O. Fogaça, Angélica Bonumá, Sérgio T. de Freitas, Léo Hoffman Jr., Rosane Martinazzo, Adriano Maixner e Marcos Brum o meu muito obrigada pelo eterno companheirismo.

Aos bolsistas Rodrigo dos Santos Godoi, Orcial Ceolin Bortolotto, Gean da Luz e Gisele Teixeira pela amizade e total ajuda na realização do experimento e análises de minerais.

Aos colegas e amigos da Pós-graduação Cláudia, Jana, Beni, Liziany e Gustavo Gimenez pelo carinho e conselhos sempre bem-vindos.

A meu namorado e amigo Rafael Brum de Souza pela paciência e apoio em todas as horas.

A todos meus familiares e amigos que de alguma forma ajudaram na elaboração dessa dissertação, em especial minha irmã Irani Cogo Bertolo pelo eterno incentivo.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível a realização do meu Mestrado.

À Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, e a coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia pela realização do curso.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	X
<b>ABSTRACT</b> .....	XII
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	VIII
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	IX
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> Crescimento e desenvolvimento da cultura da batata sob doses elevadas de potássio	10
<b>CAPÍTULO II</b> Relação potássio-nitrogênio para o diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata.	19
<b>DISCUSSÃO GERAL</b>	31
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	32



## LISTA DE TABELAS

**TABELA 1** – Interpretação do teor de potássio conforme as classes de CTC do solo a pH 7,0. ROLAS, 2004. pág. 6

**TABELA 2** – Recomendação de adubação potássica para a cultura da batata em função da expectativa de rendimento (t. ha<sup>-1</sup>). ROLAS, 2004 pág. 6

**TABELA 3:** Quantidade de nutrientes exigidas para produção de 1 (uma) tonelada de tubérculo pág. 7

**TABELA 4**– 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. pág.14

**TABELA 5-** Indicações da extração de N e K pela cultura da batata para diferentes níveis de produtividade. pág. 31

**TABELA 6-** 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<sup>-1</sup>. Santa Maria, RS, UFSM, 2004. pág. 32

## LISTA DE FIGURAS

**FIGURA 1** – Índice de área foliar (A), massa seca total (MStot), de tubérculos (MStub) e da parte aérea (MSaérea) (B) e coloração dos chips (C) da cultivar Asterix de batata produzida sob doses de K de 3,5; 5,0; 6,5; 8,0 e 9,5 mmol L<sup>-1</sup> na solução nutritiva. Santa Maria, UFSM, 2004. pág17

**FIGURA 2** – Teores de N e K na massa seca (MS) de planta inteira durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata da cultivar Asterix, cultivadas com cinco níveis de disponibilidade de K. Santa Maria, RS, 2004. pág.27

**FIGURA 3** – Teores de N e K na massa seca (MS) de folhas (A) hastes e tubérculos (B) durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata da cultivar Asterix, cultivadas com cinco disponibilidades de K. Santa Maria, RS, 2004. pág. 28

**FIGURA 4** – Relação entre as concentrações de N e de K na massa seca (MS) de planta inteira durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata da cultivar Asterix, cultivadas com cinco disponibilidades de K. Santa Maria, RS, 2004. pág. 29

## RESUMO

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

### **CRESCIMENTO, QUALIDADE DE TUBÉRCULOS E RELAÇÃO N/K DA CULTURA DA BATATA CULTIVADA SOB DOSES ELEVADAS DE POTÁSSIO**

AUTOR: Clarissa Melo Cogo  
ORIENTADOR: Jerônimo Luiz Andriolo  
Local e data da Defesa: Santa Maria, 20 de fevereiro de 2006

Os objetivos do trabalho foram quantificar o crescimento, a produtividade e a qualidade de tubérculos produzidos sob alta disponibilidade de potássio e ajustar uma relação entre as curvas de diluição máxima do K e crítica do N durante o ciclo de produção, para ser empregada no diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata. O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da UFSM, RS, em abrigo telado de 200 m<sup>2</sup>, no período entre 28/08/2004 e 30/11/2004. Foram empregadas sacolas de polietileno contendo 1,4Kg de substrato orgânico (Plantmax®), com um tubérculo por sacola. Os teores disponíveis de nutrientes contidos no substrato foram de 95; 1.506; 7.831 e 2.948mg kg<sup>-1</sup> de P, K, Ca e Mg, respectivamente. Os cinco tratamentos consistiram de doses suplementares de K fornecidas diariamente por fertirrigação, através de cinco soluções nutritivas contendo 3,5; 5,5; 6,5; 8,0 e 9,5mmol L<sup>-1</sup> de K. As quantidades totais de K disponibilizadas em cada sacola através das soluções nutritivas ao longo do período experimental foram de 912,3; 1.433,7; 1.694,3; 2.085,3 e 2.476,3mg por planta, respectivamente. Quatro sacolas com plantas de cada tratamento foram coletadas em intervalos semanais, para quantificar o crescimento, avaliar a qualidade dos

chips e determinar os teores de N e K. O crescimento da área foliar das plantas aumentou linearmente com a disponibilidade de K. Não foram observados efeitos significativos sobre o número, a massa seca, a produtividade de tubérculos e a qualidade dos chips. Concluiu-se que níveis elevados de adubação potássica não exercem efeito depressivo na produtividade de tubérculos e na qualidade dos chips de batata. A curva máxima de diluição do K foi ajustada conforme a expressão  $\%K = 5,54MS^{-0,317}$ , onde MS corresponde a massa seca acumulada. A extração máxima de K pode ser obtida pela expressão:  $\text{Kg ha}^{-1} \text{ de K} = 55,4 MS^{0,683}$ . A estimativa dos teores máximos de K (Km) a partir dos teores críticos de N (Nc) pode ser obtida através da expressão  $\%Km = 1,137\%Nc + 1,35$ . Essas equações permitem estimar as quantidades de N e K a serem fornecidas pela adubação com base em metas pré-estabelecidas de produtividade e parcelar as aplicações de acordo com a demanda da cultura no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum*, fertirrigação, solução nutritiva, massa seca, nutrição mineral, curva crítica de nutrientes.

## ABSTRACT

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

### **GROWTH, TUBER QUALITY AND N/K RELATIONSHIP OF THE POTATO CROP GROWN UNDER HIGH RATES OF K FERTILIZATION**

AUTHOR: Clarissa Melo Cogo

ADVISOR: Jerônimo Luiz Andriolo  
Location and date of presentation: Santa Maria, February 20<sup>th</sup>, 2006

The goal of this work was to quantify growth, yield and tuber quality under high potassium availability and to adjust a relationship between the maximum K and the N critical dilution curves during the crop growth cycle, to be used for nutrient diagnosis and fertilization of the potato crop. The experiment was carried out in a 200m<sup>2</sup> polyethylene greenhouse at the crop science Department de Fitotecnia, UFSM, from August 28 to November 30, 2005. Polyethylene bags were used containing 4dm<sup>3</sup> of organic substrate (Plantmax ®) whit one tuber/bag. The P, K, Ca and Mg availabilities were 95; 1,506; 7,831 and 2,948mg kg<sup>-1</sup>, respectively. Plants were daily fertigated with nutrient solutions containing supplementary K doses of 3.5; 5.5; 6.5; 8.0 and 9.5mmol L<sup>-1</sup>. Total amounts of potassium available in each bag during the experimental period was 912.3; 1,433.7; 1,694.3; 2,085.3 e 2,476.3mg per plant, respectively. Four bags with plants of each treatment were harvested weekly to quantify growth, yield, chip quality and to determine N and K tissue concentration. The leaf area increased linearly with K availability. There was no effect on tuber number, dry mass, yield and chip quality. It was concluded that high K fertilization rates do not affect tuber yield and potato chip quality. The maximum K dilution curve was  $\%K = 5.54DM^{-0.317}$ , where DM is dry matter accumulation at any time during the

growing cycle. The maximum K uptake can be estimated by the equation  $\text{Kg ha}^{-1} \text{ of K} = 55.4\text{DM}^{0.683}$ . The relationship  $\%K_m = 1.137\%N_c + 1.35$  can be used to estimate maximum K ( $K_m$ ) from critical N ( $N_c$ ) concentrations. These equations allow estimations of N and K fertilization rates assuming targeted yield levels and delivering it to supply the crop nutrient demand at any time during the growth and development cycle.

KEY WORDS : *Solanum tuberosum*, **fertigation**, **nutrient solution**, **dry mass**, **mineral nutrition**, **dilution curve**.

## INTRODUÇÃO

Na Região Sul do Brasil, colhe-se por ano cerca de 1,2 milhões de toneladas de batata, que correspondem a aproximadamente 50% da produção do país. Porém, nos últimos anos, houve crescimento considerável da produção nas Regiões Centro – Oeste e Sudeste, em particular no estado de Minas Gerais, que passou de terceiro lugar para primeiro produtor nacional, com 29% da produção nacional e produtividade média de 26 t ha<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>. O Paraná vem em terceiro e é responsável por 23% da produção nacional com uma produtividade média de 18,9 t ha<sup>-1</sup>, 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 t ha<sup>-1</sup>. A Região Sul destaca-se, ainda, na produção de batata-semente, com uma produção anual aproximada de 40 mil toneladas, que corresponde a mais de 50% da produção do país. A cadeia produtiva da batata envolve, na região, considerável volume de recursos e significativa mão – de – obra, estimando-se que 25 mil famílias ocupam-se diretamente na produção (PEREIRA & DANIELS, 2003).

Os pequenos produtores de batata do sul do Brasil, principalmente, do Rio Grande do Sul, vêm sendo excluídos do processo produtivo sem que haja políticas públicas voltadas para enfrentar este problema socioeconômico que se agrava ano após ano. Podem ser listadas algumas razões para o recrudescimento deste quadro, nos últimos anos, mas a principal razão apontada pela maioria dos produtores e técnicos está na comercialização e nos crescentes custos de produção da lavoura de batata.

Algumas práticas culturais quando usadas incorretamente, como o uso inadequado de fertilizantes e de corretivos que não satisfazem as reais necessidades das culturas, elevam desnecessariamente os custos de produção da lavoura. O manejo da batata no Brasil não adota critérios técnico-científicos no tocante a correção do solo e nutrição mineral. Esse fato pode comprometer a produtividade e afetar o custo de produção. O custo com fertilizantes representa

aproximadamente 15% do custo total de produção da batata (PEREIRA & DANIELS, 2003)

A cultura da batata na Região Sul do Brasil ocupa grande diversidade de solos, os quais apresentavam variações quanto à textura, profundidade e fertilidade. Possuem em comum elevada acidez, baixos teores de fósforo, de cálcio e de magnésio e teores elevados de elementos tóxicos, principalmente alumínio e manganês. Em razão disso, a adubação é uma prática indispensável e, em conjunto com outras, proporciona altas produtividades.

As informações sobre a necessidade e a quantidade de fertilizantes e de corretivos a serem utilizados devem estar à disposição dos bataticultores. Caso contrário estarão sujeitos a interesses comerciais, podendo ocorrer o uso inadequado de fertilizantes e de corretivos que poderão não satisfazer as necessidades da cultura e, dessa forma, elevar desnecessariamente o custo de produção.

PAULA (2005) ajustou o modelo potencial  $\% N = 3,6 MS^{-0,367}$  no manejo da adubação para o Nitrogênio para a cultura da batata permitindo redução de custos, diminuição das quantidades de  $NO_3^-$  descartadas no ambiente e menores riscos de queda na produtividade por doses excessivas de N. Nos sistemas de 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 de cada cultivar, de forma a aumentar a eficiência de uso do nitrogênio pela cultura.

O K é o nutriente para o qual a curva crítica de diluição ao longo do ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultura não foi previamente determinada, o que se torna uma necessidade para o manejo adequado da adubação, já que o mesmo é indispensável para uma boa produtividade da cultura.

Os objetivos do trabalho foram quantificar o crescimento, a produtividade e a qualidade de tubérculos sob doses elevadas de K e determinar a curva máxima de diluição do K, ajustando uma relação com a curva de diluição do N durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento, para ser empregada no diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos gerais da cultura da batata

A batata é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Solanácea, gênero *Solanum*, o qual contém mais de 2000 espécies, das quais mais de 150 produtoras de tubérculos. Cerca de 200 espécies silvestres de batata e 20 cultivadas são conhecidas. Dentre as cultivadas, a mais importante economicamente produzida no mundo é a espécie *Solanum tuberosum*. 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 (LOPES & BUSO, 1997).

O centro de origem da cultura da batata é a região dos Andes, na América do Sul, onde espécies silvestres ainda existem. Sua difusão ocorreu na Europa em 1570 e depois na América do Norte em 1691. Após sua chegada na Europa passou a ser cada vez mais uma importante fonte de alimento. (PEREIRA & DANIELS, 2003)

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 a produção dobrou, mesmo com a redução das áreas plantadas. Atualmente o consumo brasileiro é de 15 Kg por habitante/ano (IBGE, 2004). Estes valores são considerados modestos quando comparados com alguns países europeus, em que o consumo é dez vezes maior. Mesmo assim, a batata é um item importante na dieta alimentar brasileira, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, onde se concentra a produção (LOPES, 1997).

É a quarta cultura na ordem de importância no mundo, depois do trigo, arroz e milho. É cultivada em mais de 140 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas. Atualmente, a produtividade média mundial é de 20,5 t ha<sup>-1</sup>. (IBGE, 2004)

A batata é uma solanácea anual, que apresenta caules aéreos, herbáceos, e suas raízes originam-se da base desses caules ou hastes. O sistema radicular é delicado e superficial, com raízes concentrando-se até 30 cm de profundidade no

solo. As folhas são compostas por folíolos arredondados e as flores hermafroditas apresentam-se reunidas em inflorescências no topo da planta (FILGUEIRA 2000).

A cultura da batata tolera acidez moderada, produzindo bem na faixa de pH 5,0 a 6,5. Solos com textura leve, arejados e bem drenados, ricos em matéria orgânica e com saturação por alumínio abaixo de 20%, são os mais favoráveis ao crescimento dos tubérculos.

É classificada como uma cultura de clima temperado, porém cresce nas regiões tropicais, com altitude elevada. A cultura é muito sensível ao estresse hídrico, sendo necessário, portanto, o fornecimento adequado de água, desde o início da tuberização até a maturidade.

## 2.2 Estado nutricional da planta de batata

Para a produção de uma tonelada de tubérculos são necessárias as seguintes quantidades de nutrientes (Tabela 4)

**TABELA 3:** Quantidade de nutrientes exigidas para produção de 1 (uma) tonelada de tubérculos de batata.

Macronutrientes	(Kg. t <sup>-1</sup> )	Micronutrientes	(g. t <sup>-1</sup> )
Nitrogênio	3,0-5,0	Boro	0,6-1,5
Fósforo	0,3-0,5	Zinco	3,0-5,0
Potássio	4,0-6,5	Ferro	2,0-4,0
Cálcio	0,5-1,5	Cobre	1,3-2,0
Magnésio	0,1-0,3	Manganês	1,7-2,1
Enxofre	0,3-0,8	Molibdênio	0,03-0,04

Tanto as análises de solo como o diagnóstico nutricional da cultura deve ser adotado para avaliar o uso eficiente de fertilizantes e detectar a suficiência ou deficiência dos nutrientes. A capacidade da planta absorver do solo os nutrientes não pode ser prevista somente através de análise do solo, por não levar em consideração os fatores abióticos que afetam o crescimento (FONTES, 2001).

As análises de tecidos das plantas podem dar um eficiente significado do estado nutricional e também podem calibrar as exigências de fertilizantes para a cultura da batata. Pelo monitoramento do estado nutricional da cultura, o potencial da deficiência pode ser detectado cedo o suficiente para evitar redução no

crescimento. Quase todos os órgãos da planta de batata podem ser empregados para avaliar o estado nutricional, incluindo: folíolos, pecíolos, folhas inteiras, hastes, raízes, tubérculos e outros desmembramentos das partes da planta. O pecíolo é a parte da planta comumente selecionada para uso na análise nutricional da cultura da batata, embora não seja o mais apropriado para todos os nutrientes ou todas as situações (WALWORTH & MUNIZ, 1993, REIS JR. & MONNERAT, 2000).

Como a concentração do nutriente varia com o órgão amostrado da planta e com a época da amostragem (LEWIS & LOVE, 1994), é necessário avaliar a concentração de partes distintas da planta em diferentes épocas para construir bancos de dados adequados a concentração nutricional. Várias tentativas foram realizadas para determinar a concentração nutricional adequada para a cultura da batata em várias amostras de partes da planta e épocas (REIS JR, 1995; ROCHA et al., 1997; REIS JR. & MONNERAT, 2000). Entretanto, a quase totalidade dessas informações aponta níveis nutricionais e doses de adubação relativas a tetos de produtividade pré-determinados e não levam em conta as dinâmicas do crescimento e partição da massa seca entre os diferentes órgãos da planta. No tocante aos teores nutricionais nos tecidos, as informações de literatura não fazem distinção entre os níveis crítico e máximo de cada nutriente no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultura.

### **2.3 O Potássio na cultura da batata**

O Potássio é importante para a osmorregulação e manutenção do turgor celular e, conseqüentemente, para expansão celular, função estomática, tropismos e movimentos foliares. É ativador de um grande número de enzimas sendo responsável por processos como, fotossíntese, síntese de proteínas e metabolismo oxidativo. Também afeta o transporte via floema e supre o balanço de cargas durante a transferência de íons através da membrana celular. (SHABALLA, 2003)

Na cultura da batata são fornecidas altas doses de fertilizantes, dentre os quais se destacam os potássicos. Os tubérculos de batata removem do solo muito mais potássio que outros nutrientes. A exportação de potássio é normalmente 1,5 vez a de nitrogênio e quatro a cinco vezes a de fósforo, enquanto que as exportações de magnésio, enxofre e cálcio são bem menores quando comparadas a de potássio (PERRENOUD, 1993; YORINORI, 2003). Embora o potássio seja

exigido em altas quantidades, doses acima daquelas necessárias para o satisfatório crescimento e desenvolvimento das plantas podem reduzir a produção de tubérculos, além de elevar os custos de produção. É interessante ressaltar que altas doses de potássio podem alterar a relação de K, Ca e Mg. Essas interações ocorrem tanto nas plantas assim como no solo, porque esses íons têm propriedades químicas específicas similares e podem competir na absorção, adsorção e transporte na superfícies das raízes (REIS JR et al., 1999; FAGERIA et al., 1991). Quando a disponibilidade de K é abundante, pode ocorrer o “consumo de luxo”, afetando a composição da planta e interferindo na absorção e na disponibilidade fisiológica de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . (REIS JR. et al. 1999). Essa interação ocorre geralmente sob níveis baixos de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , ou alternadamente, quando as plantas são adubadas com altos níveis de K. A recomendação de adubação potássica para a cultura da batata para uma produtividade estimada acima de  $20\text{t ha}^{-1}$  varia de  $140$  a  $220\text{g ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  entre as classes de interpretação  *muito alto* e  *muito baixo*, respectivamente (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004) (Tabelas 1 e 2).

**TABELA 1:** Interpretação do teor de potássio conforme as classes de CTC do solo a pH 7,0

INTERPRETAÇÃO	CTC pH <sub>7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		
	> 15,0	5,1 – 15,0	< 5,0
	mg de K dm <sup>-3</sup>		
Muito baixo	< 30	< 20	< 15
Baixo	31 - 60	21 – 40	16 – 30
Médio	61 – 90	41 – 60	31 – 45
Alto	91 – 180	61 – 120	46 – 90
Muito alto	>180	> 120	> 90

Fonte: COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004

**TABELA 2:** Recomendação de adubação potássica para a cultura da batata em função da expectativa de rendimento (t ha<sup>-1</sup>).

INTERPRETAÇÃO	Expectativa de rendimento (t ha <sup>-1</sup> ).	
	< 20	>20
	Kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	
Muito baixo	180	220
Baixo	160	180
Médio	140	160
Alto	120	140
Muito alto	< 120	<140

Fonte: COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004

## 2.4 Curvas críticas de acumulação de nutrientes

Métodos de diagnósticos de deficiência de Nitrogênio (N) em plantas podem ser usados para aumentar a eficiência da utilização do N e reduzir os riscos de perdas para o ambiente. Esses métodos de diagnóstico devem ser baseados na definição da concentração crítica de N, que é definida como a concentração mínima requerida para alcançar o máximo crescimento de uma cultura. O N é o nutriente para o qual a curva crítica de diluição ao longo do ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultura foi previamente determinada. (LEMAIRE E SALETTE, 1984;LEMAIRE et al., 1997<sub>a</sub>; COLNENNE et. al. 1998).

A curva crítica de N ( $N_c$ ) é representada pela seguinte equação:

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

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 a quantidade de N extraída pela cultura com massa seca total acumulada igual ou superior a  $1\ t\ ha^{-1}$ , através da seguinte transformação:

$$Kg\ N = 10.a. MS^{(1-b)} \text{ (eq. 2).}$$

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.

No cultivo da batata para consumo há carência de informações detalhadas sobre o manejo da adubação nitrogenada. PAULA (2005) ajustou um modelo potencial  $\%N = 3,6. MS^{-0,367}$  à dinâmica de acúmulo de massa seca e nitrogênio durante o crescimento e desenvolvimento, o qual pode ser empregado como referência para diagnóstico nutricional, associado com análise foliar e acúmulo de massa seca da cultura da batata.

No caso do Potássio (K), resultados sobre as curvas de diluição das concentrações máxima ( $K_m$ ) e crítica ( $K_c$ ) do K para a cultura da batata não estão disponíveis na literatura.

O modelo de diluição do N durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas de batata descrito por LEMAIRE et al. (1997) foi estendido para o K (GREENWOOD & STONE, 1998). Uma relação de proporcionalidade foi estabelecida entre o teor crítico de N e as concentrações crítica e máxima de K. Relações desse tipo permitiriam empregar o N como diagnóstico de base, a partir do qual as necessidades dos demais nutrientes poderiam ser diagnosticadas e quantificadas, sem a necessidade de proceder análises específicas para cada um deles.

## **CAPÍTULO I – CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA SOB ALTA DISPONIBILIDADE DE POTÁSSIO (Ciência Rural, v. 36, n. 3, 2006).**

### **Crescimento, produtividade e qualidade de tubérculos de batata produzidos sob alta disponibilidade de potássio**

#### **Growth, yield and quality of potato tubers grown under high potassium availability**

#### **RESUMO**

O objetivo do trabalho foi quantificar o crescimento e a produtividade e avaliar a qualidade de tubérculos da cv. Asterix de batata produzidos sob alta disponibilidade de potássio. O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da UFSM, RS, em abrigo telado de 200 m<sup>2</sup>, no período entre 28/08/2004 e 30/11/2004. Foram empregadas sacolas de polietileno contendo 1,4Kg de substrato orgânico (Plantmax®), com um tubérculo por sacola. Os teores disponíveis de nutrientes contidos no substrato foram de 95; 1.506; 7.831 e 2.948mg kg<sup>-1</sup> de P, K, Ca e Mg, respectivamente. Os cinco tratamentos consistiram de doses suplementares de K fornecidas diariamente por fertirrigação, através de cinco soluções nutritivas contendo 3,5; 5,5; 6,5; 8,0 e 9,5mmol L<sup>-1</sup> de K. As quantidades totais de K disponibilizadas em cada sacola através das soluções nutritivas ao longo do período experimental foram de 912,3; 1.433,7; 1.694,3; 2.085,3 e 2.476,3mg por planta, respectivamente. Quatro sacolas com plantas de cada tratamento foram coletadas para quantificar o crescimento e o desenvolvimento e avaliar a qualidade dos chips. O crescimento da área foliar das plantas aumentou linearmente com a disponibilidade de K. Não foram observados efeitos significativos sobre o número, a massa seca e a produtividade de tubérculos e a qualidade dos chips. Níveis elevados de adubação potássica não exercem efeito depressivo na produtividade de tubérculos e na qualidade dos chips de batata.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum*, fertirrigação, solução nutritiva, massa seca, nutrição mineral.



## ABSTRACT

The objective of the study was to verify the effect of high potassium availability on plant growth and yield and tuber processing quality of potato, cv. Asterix. The experiment was conducted in a 200m<sup>2</sup> polyethylene greenhouse at the Departamento de Fitotecnia, UFSM, from August, 28 to November, 30, 2005. Polyethylene bags were filled with 4dm<sup>3</sup> of organic substrate (Plantmax ®) and one tuber was planted. The P, K, Ca and Mg availabilities were 95; 1,506; 7,831 and 2,948mg kg<sup>-1</sup>, respectively. Plants were daily fertigated with nutrient solutions containing supplementary K doses of 3.5; 5.5; 6.5; 8.0 and 9.5mmol L<sup>-1</sup>. Potassium available in each bag during the experimental period was 912.3; 1,433.7; 1,694.3; 2,085.3 e 2,476.3mg per plant, respectively. Four bags with plants of each treatment were harvested to quantify growth and yield and determine chip quality. The leaf area index increased with K availability. There were no effect on tuber number, dry mass and yield and chip quality. High K fertilization rates does not affect tuber yield and chip quality of potato.

**KEY WORDS :** *Solanum tuberosum*, ***fertigation***, ***nutrient solution***, ***dry mass***, ***mineral nutrition***.

## Introdução

O K é um dos nutrientes minerais que, juntamente com o N, participa em maior quantidade na produção de massa seca vegetal. Duas funções fisiológicas ligadas diretamente à fotossíntese são atribuídas ao K, que são a regulação do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos e a translocação dos assimilados das folhas para regiões de drenos da planta. Além dessas funções, o K participa como ativador enzimático de um grande número de processos vegetais (SHABALA, 2003). Esse nutriente é importante para a translocação de açúcares e síntese de amido (REIS JR & FONTES, 1996), afetando a produtividade (WESTERMANN et al., 1994b) e a qualidade (WESTERMANN et al., 1994a) dos tubérculos.

A exportação de K do solo pela cultura da batata é de aproximadamente 1,5 vezes superior ao N e 4 a 5 vezes ao P (PERRENOUD, 1993; YORINORI, 2003). A recomendação de adubação potássica para uma produtividade estimada acima de 20t ha<sup>-1</sup> varia de 140 a 220gha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O entre as classes de interpretação *muito alto*

e  *muito baixo*, respectivamente (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Sendo um elemento com perdas reduzidas por lixiviação, dependendo da classe de solo e regime hídrico, o acúmulo no solo pode ocorrer após cultivos sucessivos quando as doses aplicadas ultrapassam as quantidades exportadas pela cultura. Essa possibilidade existe nos solos da região Sul do Brasil onde é realizado o cultivo bianual da batata. Tais solos são naturalmente ricos em K, com níveis que podem interferir no crescimento e produtividade da cultura, devido a distúrbios nutricionais decorrentes dos antagonismos entre cátions, especialmente o  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ . Distúrbios nutricionais têm causado redução de produtividade da batata em solos onde o somatório de cátions atingiu níveis elevados (JAMES et al, 1994; DAVENPORT & BENTLEY; 2001; ABDELGADIR et al., 2003). Os antagonismos ocorreriam tanto entre os cátions considerados isoladamente quanto entre o somatório dos cátions e os ânions, especialmente o  $\text{NO}_3^-$  (GREENWOOD & STONE, 1998).

O objetivo deste trabalho foi, portanto, determinar o efeito de níveis elevados de adubação potássica no crescimento, produtividade e qualidade de processamento de tubérculos de batata da cultivar Asterix.

### **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da UFSM, Santa Maria, em abrigo telado com  $200\text{m}^2$  de área. O plantio foi feito em 28/08/2004, em sacolas de polietileno contendo 1,4kg de substrato orgânico (Plantmax®), com um tubérculo da cultivar Asterix em cada sacola, na densidade de 4,4plantas  $\text{m}^{-2}$ . A análise química do substrato indicou teores disponíveis de 95; 1.506; 7.831 e 2.948mg  $\text{kg}^{-1}$  de P, K, Ca e Mg, respectivamente. Os tratamentos foram constituídos por cinco soluções nutritivas com concentrações de potássio de 3,5; 5,5; 6,5; 8,0 e 9,5mmol  $\text{L}^{-1}$ , respectivamente para T1, T2, T3, T4 e T5. Os demais nutrientes foram fornecidos nas concentrações de 13,0 de  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ; 2,0 de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; 1,0 de  $\text{SO}_4^{--}$ ; 1,0 de  $\text{Mg}^{++}$ ; 4,0mmol  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{Ca}^{++}$  e de 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu, 0,50 de Mn, 0,22 de Zn e 4,0mg  $\text{L}^{-1}$  de Fe. A condutividade elétrica da solução nutritiva para fornecimento de K, foi de 1,7; 1,87; 2,19; 2,51 e 2,72dS  $\text{m}^{-1}$ . O pH situou-se entre os limites de 5,3 e 6,0. As soluções nutritivas foram fornecidas diariamente por meio de tubos gotejadores, em sistema aberto e com drenagem perdida. Empregou-se um

gotejador de vazão igual a  $1,4\text{Lh}^{-1}$  para cada sacola e um coeficiente de drenagem de 20%. A frequência das fertirrigações foi determinada 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 et al., 1997). O volume de solução nutritiva fornecida para cada planta no decorrer do período experimental totalizou 6,7L, correspondendo a 912,3; 1.433,7; 1.694,3; 2085,3 e 2476,3mg de K para cada tratamento. Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições. Cada repetição foi constituída por uma fileira com 25 sacolas.

Os tubérculos foram colhidos aos 73 dias após o plantio, quando da senescência das plantas, correspondente ao estágio 87 da escala de BÄTZ et al. (1980). Quatro sacolas com plantas de cada tratamento foram coletadas para análise do crescimento a cada sete dias. Imediatamente após a coleta, foram separados os limbos foliares, hastes e tubérculos, sendo pesados para determinação da massa fresca. Para determinação da massa seca, essas frações foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ , até massa constante. A área foliar específica 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 cultura. Foram considerados tubérculos comerciais aqueles com diâmetro superior a 0,023m. Para as determinações referentes a coloração dos chips, os tubérculos foram divididos ao meio no sentido transversal e cortados em fatias de espessura entre 2,5 a  $3,0 \times 10^{-3}\text{m}$ , fritando-se apenas as duas fatias centrais para efetuar as determinações. Uma fritadeira industrial (Top Taylor TTF-35-G) foi empregada para a fritura das fatias em óleo vegetal a  $180^{\circ}\text{C}$  até cessar o borbulhamento. O tempo médio de fritura foi de três minutos e a temperatura do óleo foi monitorada por termômetro. Após a fritura, foi determinada a coloração dos chips através de um colorímetro digital (Minolta CR-300), efetuando-se duas leituras em cada amostra, com base na metodologia descrita por EDWARDS et al. (2002) e BLENKINSOP et al. (2002). Esse aparelho determina a coloração através de três variáveis:  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . O indicador  $L^*$  refere-se a tonalidade e varia do preto ( $L^*=0$ ) ao branco ( $L^*=100$ ), enquanto as escalas  $a^*$  e  $b^*$  referem-se às cores, variando do vermelho ao verde e do amarelo ao azul, respectivamente. Para a determinação da coloração dos chips foi utilizado somente

o L\*, pois é esta variável que determina o escurecimento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por regressão polinomial.

**TABELA 4** - Composição das soluções nutritivas empregadas como tratamentos para determinação do efeito da disponibilidade de potássio sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

Fertilizantes	Tratamentos (g 100 L <sup>-1</sup> )				
	T1	T2	T3	T4	T5
KNO <sub>3</sub>	141,4	141,4	202,2	202,2	202,2
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	377,76	377,76	377,76	377,76	377,76
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0	81,6	81,6	81,6	81,6
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	52,28	52,28
KCl	0	0	0	0	44,76
MgSO <sub>4</sub>	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0	24,0	0	0	0
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	69,0	0	0	0	0

### Resultados e Discussão

Houve efeito significativo das doses de K no crescimento da área foliar da cultura. O índice de área foliar aumentou de 3,21 a 4,44, seguindo uma relação linear (Figura 1A). O número total de tubérculos por planta variou entre 6 a 8 na categoria comercial e de 14 e 18 na não comercial, sem diferença significativa entre os tratamentos. Os resultados de massa seca e coloração dos chips não apresentaram diferenças significativas (Figura 1B e 1C). As médias da massa seca foram de 130,1; 108,2; 20,7 por planta de massa seca total, dos tubérculos e da parte aérea, respectivamente (Figura 1B). A produção de massa seca correspondente aos tubérculos foi de 83,2%. A produtividade de tubérculos foi de 34,4; 33,2; 29,7; 33,7 e 35,1t ha<sup>-1</sup> para as diferentes doses de K aplicadas, sem diferenças significativas. A coloração dos chips variou de 59 a 64, sem diferenças significativas (Figura 1C).

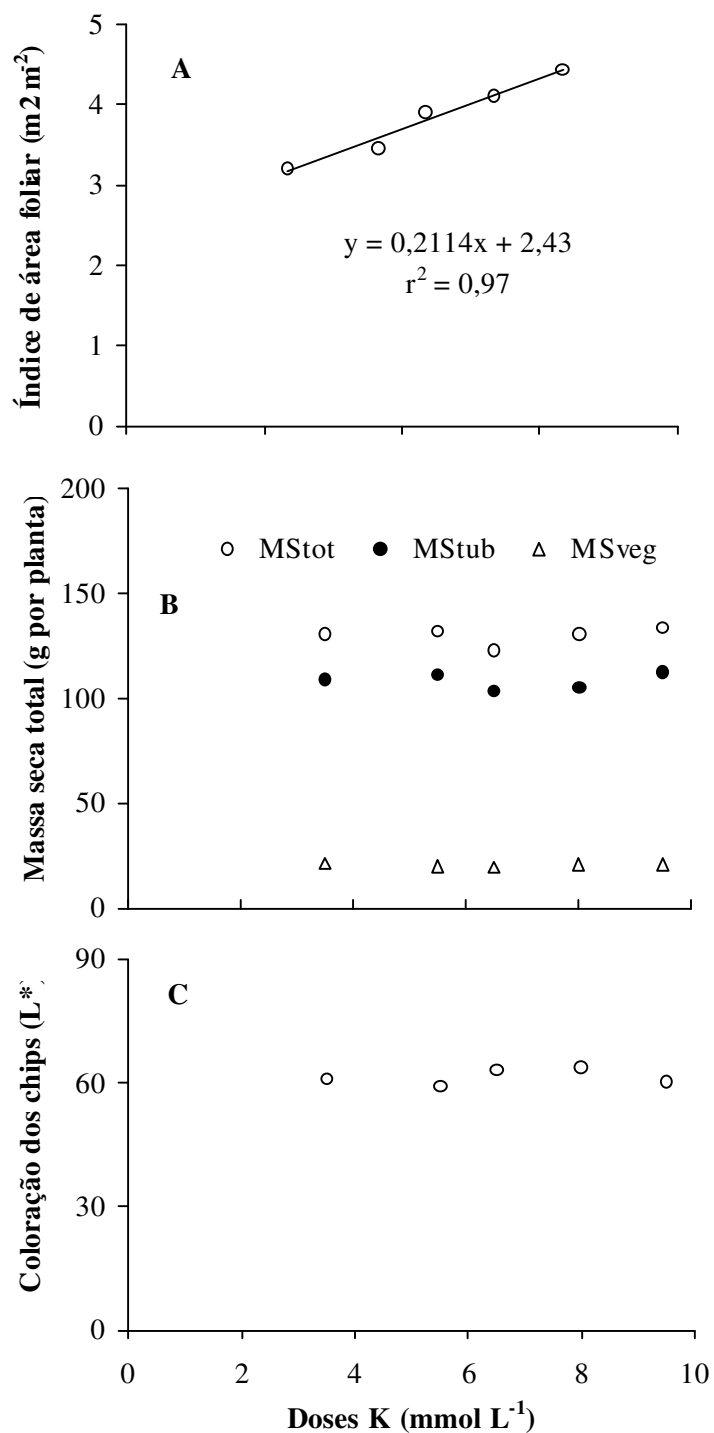
Os resultados do efeito de doses de K na produtividade da batata apresentados na literatura são contraditórios, mostrando a ausência de resposta (JAMES et al., 1994; DAVENPORT & BENTLEY, 2001; ABDELGADIR et al., 2003) ou efeitos positivos (WESTERMANN et al., 1994; MARCHAND & BORRIÉ, 2000). Essas discrepâncias podem ser atribuídas à composição química do solo, afetando a disponibilidade do nutriente às plantas, ou a teores elevados no solo, acima das necessidades da cultura. Em solos calcários com teores elevados de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , a falta de resposta ao K foi atribuída a interações antagônicas entre os três elementos (LOCASCIO et al 1992.; JAMES et al., 1994). A ausência de resposta foi associada a teores de K disponível no solo superiores a  $200\text{mg L}^{-1}$  (ABDELGADIR et al., 2003). Respostas positivas na produtividade foram obtidas em culturas conduzidas em solos com baixos teores desse elemento e com adubação balanceada (WESTERMANN et al., 1994). Neste experimento, a falta de resposta do K na produtividade pode ser atribuída a níveis de disponibilidade acima das necessidades das plantas de batata. As quantidades de K disponibilizadas para cada planta através do substrato e do volume das soluções nutritivas fornecidas foram de 3.021; 3.540; 3.801; 4.192 e 4.582mg por planta em cada tratamento. Caso o experimento tivesse sido realizado empregando-se solo com teor de K da ordem de  $180\text{mg kg}^{-1}$ , considerado muito alto pela COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (2004), a quantidade disponível para cada planta teria sido de 252mg por planta. Isso significa que as disponibilidades de K pelos tratamentos situaram-se entre 12 e 18 vezes acima daquela de um solo com teores muito altos.

Os níveis de K induziram efeito positivo sobre a área foliar, a qual aumentou linearmente com as doses fornecidas (Figura 1A). Esse resultado é surpreendente, uma vez que o crescimento da área foliar das culturas tem sido relacionado com a disponibilidade de nitrogênio (YIN et al., 2003). Uma das funções do K na planta está associada com o transporte dos assimilados (SHABALA, 2003). Esse processo explicaria a influência do K no crescimento de órgãos de acumulação e reserva como os tubérculos, pois os mesmos atingiram uma proporção superior a 80% da massa seca total ao final do ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultura. Entretanto, o fluxo do K nas folhas poderia ter sido influenciado indiretamente pelo crescimento dos tubérculos, pois existem indicações na literatura de que a taxa de absorção mineral pelas raízes não seria suficiente para atender a demanda de nutrientes decorrente da taxa de crescimento dos órgãos de acumulação e reserva.

A diferença entre essas taxas seria tanto maior quanto menor a disponibilidade de nutrientes ao redor das raízes. O déficit de nutrientes decorrente dessa diferença seria suprido pela remobilização da parte vegetativa da planta (SINCLAIR & DE WIT, 1975). Maiores quantidades de K disponíveis para as raízes reduziriam a remobilização, aumentando a duração do período de vida das folhas, conforme observações anteriores feitas em outras espécies (LE BOT et al., 1994). Isso significa que o fornecimento do nutriente via solução nutritiva facilitaria a absorção pelas raízes, confirmando uma das vantagens da fertirrigação como método de adubação.

### **Conclusões**

Os resultados deste experimento indicam que níveis elevados de adubação potássica não exercem efeito depressivo na produtividade e nem promovem o escurecimento dos chips de batata, em condições de níveis compatíveis dos demais cátions macronutrientes. Isso é importante na produção comercial, uma vez que grande parte da batata cultivada no Brasil provém de lavouras conduzidas em solos com teores naturalmente elevados de K.



**Figura 1** – Índice de área foliar (A), massa seca total (MStot), de tubérculos (MStub) e da parte aérea (MSaérea) (B) e coloração dos chips (C) da cultivar Asterix de batata produzida sob doses de K de 3,5; 5,0; 6,5; 8,0 e 9,5  $\text{mmol L}^{-1}$  na solução nutritiva. Santa Maria, UFSM, 2004.

## CAPÍTULO II- RELAÇÃO POTÁSSIO-NITROGÊNIO PARA O DIAGNÓSTICO E MANEJO NUTRICIONAL DA CULTURA DA BATATA, CV. ASTERIX.

### Relação potássio-nitrogênio para o diagnóstico nutricional e manejo da adubação da cultura da batata.

Resumo - O objetivo do trabalho foi determinar a curva máxima de diluição do K e ajustar uma relação com a curva de diluição do N durante o crescimento e desenvolvimento da cultura, para ser empregada no diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata. O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da UFSM, RS, em abrigo telado de 200m<sup>2</sup>, no período entre 28 de agosto a 30 de novembro de 2004. Foram empregadas sacolas de polietileno de 4dm<sup>3</sup>, contendo 1,4kg de substrato orgânico (PlantmaxHA®), onde foi plantado um tubérculo da cultivar Asterix por sacola. A disponibilidade de nutrientes no substrato foi de 95; 1.506; 7.831 e 2.948 mg kg<sup>-1</sup> de P, K, Ca e Mg, respectivamente. A solução nutritiva com as concentrações de 13,0 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 2,0 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 1,0 de SO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 1,0 de Mg<sup>++</sup>; 4,0mmol L<sup>-1</sup>de Ca<sup>++</sup> e de 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu, 0,50 de Mn, 0,22 de Zn e 4,0mg L<sup>-1</sup>de Fe foi fornecida diariamente por fertirrigação. Os cinco tratamentos consistiram de doses suplementares de K na solução nutritiva de 3,5 (T1); 5,5 (T2); 6,5 (T3); 8,0 (T4) e 9,5 (T5)mmol L<sup>-1</sup>. Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sacolas. Quatro sacolas com plantas de cada tratamento foram coletadas em intervalos semanais, para análise do crescimento e determinação dos teores de N e K. A curva de máxima de diluição do K foi ajustada conforme a expressão %K = 5,54MS<sup>-0,317</sup>, onde MS corresponde a massa seca acumulada. A extração máxima de K durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento pode ser obtida pela expressão: Kg ha<sup>-1</sup> de K = 55,4 MS<sup>0,683</sup>. A estimativa dos teores máximos de K (Km) a partir dos teores críticos de N (Nc) pode ser obtida através da expressão %Km = 1,137%Nc + 1,35.

**Termos de indexação:** *Solanum tuberosum*, diluição, nutrição mineral, adubação.



## **A nitrogen-potassium relationship for diagnosis of plant nutritional status and fertilization of the potato crop.**

Abstract - The goal of study was to determine the K maximum dilution curve and to adjust a relationship with the N dilution curve, during plant growth and development, for the nutritional diagnosis and fertilization of the potato crop. The experiment was carried out in a 200m<sup>2</sup> polyethylene greenhouse at the Department of Fitotecnia, UFSM, from August 28 to November 30, 2004. Polyethylene bags of 4dm<sup>3</sup> were filled with 1,4kg of the organic substrate (PlantmaxHA®). One tuber of the cv. Asterix was planted per bag. The P, K, Ca and Mg availabilities in the substrate were respectively 95; 1,506; 7,831 and 2,948mg kg<sup>-1</sup>. Nutrients were supplied daily by solutions with concentrations of 13.0 of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 2.0 of H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 1.0 of SO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 1.0 of Mg<sup>++</sup>; and 4.0mmol L<sup>-1</sup> of Ca<sup>++</sup> and 0.03 of Mo; 0.26 of B; 0.06 of Cu, 0.50 of Mn, 0.22 of Zn and 4.0mg L<sup>-1</sup> of chelated Fe. Treatments were additional K concentrations in the nutrient solution of 3.5 (T1); 5.5 (T2); 6.5 (T3); 8.0 (T4) and 9.5 (T5)mmol L<sup>-1</sup>. A completely randomised experimental design was used with four replications of 25 bags. Four bags were harvested at week intervals to quantify plant growth and to determine N and K tissue concentration. The maximum K dilution curve was %K = 5.54DM<sup>0.317</sup>, where DM correspond to dry matter accumulation. The maximum uptake during growth and development was Kg ha<sup>-1</sup> of K = 55.4DM<sup>0.683</sup>. The relationship %Km = 1.137%Nc + 1.35 can be used to estimate maximum K (Km) from critical N (Nc) concentrations.

**Index terms:** *Solanum tuberosum, dilution, mineral nutrition, fertilization.*

### **Introdução**

A área plantada no Brasil com a cultura da batata tem sido de aproximadamente 150.000ha ano<sup>-1</sup>, com uma produção de 2.500.000t e consumo de 15 kg por habitante/ano (IBGE, 2004). Os principais Estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, representando 98,5% da produção nacional.

Elevadas doses de fertilizantes são empregadas na adubação dessa cultura. A exportação de potássio é 1,5 vez maior do que a do nitrogênio e de quatro a cinco vezes maior do que a do fósforo (PERRENOUD, 1993; YORINORI, 2003). As indicações de adubação potássica para a cultura da batata para produtividades

acima de  $20t\ ha^{-1}$  são de  $140$  e  $220kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ , respectivamente para os teores no solo considerados muito alto e muito baixo (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

Na região Sul do Brasil, são realizados dois cultivos anuais na mesma área, conhecidos como safra e safrinha, em solos naturalmente ricos em K. Nessas condições, as perdas desse nutriente por lixiviação são reduzidas e o acúmulo pode ocorrer no decorrer dos anos. Embora o potássio seja exigido em altas quantidades, quando em doses excessivas, pode reduzir a produção de tubérculos, por interferir no equilíbrio eletroquímico das células, afetando a absorção e disponibilidade fisiológica de  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  (REIS JR. et al, 1999).

As atuais indicações de adubação são unicamente baseadas na análise de solo e não levam em conta a exportação de nutrientes pela cultura. A exportação de K varia em função da produção de massa seca, do índice de colheita e de fatores ambientais que interferem nos processos de crescimento e absorção mineral (FONTES, 2001). Por esse motivo, métodos que levem em conta o teor de nutrientes nos tecidos da planta devem ser empregados para maximizar a eficiência de uso da adubação.

O N é o elemento para o qual os métodos indiretos de diagnóstico nutricional estão mais desenvolvidos, especialmente a determinação *in situ* do teor de clorofila das folhas (FONTES, 2001). Esse método pode ser diretamente relacionado com a curva crítica de diluição, permitindo diagnósticos em nível de lavoura. No caso da batata, a curva crítica de diluição do N ( $N_c$ ) foi previamente ajustada para diferentes cultivares e condições ambientais (GREENWOOD et al., 1990; DUCHÈNNE et al., 1997; BÉLANGER et al., 2001). Para a cultivar Asterix, PAULA (2005) ajustou a equação  $N\% = 3,6 MS^{-0,367}$ , a qual pode ser transformada na expressão  $Kg\ ha^{-1}$  de N =  $36 MS^{0,633}$ , onde MS é a massa seca acumulada. No caso do K, existem indicações de literatura sobre os teores nos órgãos da planta associados a determinados níveis de produtividade (FONTES et al. 1996; REIS JR & MONNERAT, 2001; YORINORI, 2003). Porém, aqueles teores foram obtidos a partir de diferentes doses de adubação potássica aplicadas no solo e não traduzem a dinâmica de absorção em relação à acumulação de massa seca da cultura. Resultados sobre as curvas de diluição das concentrações máxima ( $K_m$ ) e crítica ( $K_c$ ) do K para essa cultura não estão disponíveis na literatura.

O modelo de diluição do N durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas de batata descrito por LEMAIRE et al. (1997) foi estendido para o K (GREENWOOD & STONE, 1998). Esse modelo está baseado no crescimento e partição da massa seca entre um compartimento metabólico, formado pelas folhas, e um compartimento estrutural ou de armazenamento. Os teores nos diferentes órgãos da planta e a absorção do N são estimados através das dinâmicas de crescimento desses dois compartimentos. Aqueles autores aplicaram o modelo para o K sob a hipótese de que a concentração decresce com o aumento da biomassa das culturas, mantendo uma relação de proporcionalidade com a concentração crítica de N. Os autores validaram o modelo em 16 espécies de hortaliças e confirmaram a existência desta relação, tanto para a concentração crítica quanto a máxima de K.

O objetivo do trabalho foi determinar a curva máxima de diluição do K e ajustar uma relação com a curva de diluição do N durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, para ser empregada no diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata.

### **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da UFSM, Santa Maria, em abrigo telado com 200m<sup>2</sup> de área. O plantio foi feito em 28/08/2004, em sacolas de polietileno contendo 1,4kg de substrato orgânico (Plantmax®), com um tubérculo da cultivar Asterix em cada sacola, na densidade de 4,4plantas m<sup>-2</sup>. A análise química do substrato indicou teores disponíveis de 95; 1.506; 7.831 e 2.948mg kg<sup>-1</sup> de P, K, Ca e Mg, respectivamente. Os tratamentos foram constituídos por cinco soluções nutritivas com concentrações de potássio de 3,5; 5,5; 6,5; 8,0 e 9,5mmol L<sup>-1</sup>, respectivamente para T1, T2, T3, T4 e T5. Os demais nutrientes foram fornecidos nas concentrações de 13,0 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 2,0 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 1,0 de SO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 1,0 de Mg<sup>++</sup>; 4,0mmol L<sup>-1</sup>de Ca<sup>++</sup> e de 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu, 0,50 de Mn, 0,22 de Zn e 4,0mg L<sup>-1</sup>de Fe. A condutividade elétrica da solução nutritiva para fornecimento de K, foi de 1,7; 1,87; 2,19; 2,51 e 2,72dS m<sup>-1</sup>. O pH situou-se entre os limites de 5,3 e 6,0. As soluções nutritivas foram fornecidas diariamente por meio de tubos gotejadores, em sistema aberto e com drenagem perdida. Empregou-se um gotejador de vazão igual a 1,4Lh<sup>-1</sup> para cada sacola e um coeficiente de drenagem de 20%. A frequência das fertirrigações foi determinada 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 et al., 1997). O volume de solução nutritiva fornecida para cada planta no decorrer do período experimental totalizou 6,7L, correspondendo a 912,3; 1.433,7; 1.694,3; 2085,3 e 2476,3mg de K para cada tratamento. Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições. Cada repetição foi constituída por uma fileira com 25 sacolas.

Os tubérculos foram colhidos aos 73 dias após o plantio, quando da senescência das plantas, correspondente ao estágio 87 da escala de BÄTZ et al. (1980). Quatro sacolas com plantas de cada tratamento foram coletadas para análise do crescimento a cada sete dias. Imediatamente após a coleta, foram separados os limbos foliares, hastes e tubérculos, sendo pesados para determinação da massa fresca. Para determinação da massa seca, essas frações foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 60°C, até massa constante. A área foliar específica 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 cultura. Foram considerados tubérculos comerciais aqueles com diâmetro superior a 0,023m.

A massa seca foi moída em moinho tipo Willey. Os teores de potássio foram determinados por espectrofotometria de chama e de nitrogênio pelo método Kjeldahl, conforme descrito por TEDESCO et al. (1995). Os teores de N e de K na massa seca foram empregados para ajustar regressões polinomiais no decorrer do crescimento e desenvolvimento da cultura, para planta inteira e diferentes órgãos.

## **Resultados**

A maior disponibilidade de K não aumentou a produtividade de tubérculos, que foi equivalente a 34,4; 33,2; 29,7; 33,7 e 35,1t ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os cinco tratamentos. As diferentes doses de K também não promoveram diferenças nas concentrações na massa seca, em nível da planta inteira de cada coleta efetuada durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento (Figura 2). Os dados entre coletas periódicas ajustaram-se ao mesmo modelo potencial empregado por outros autores para explicar a diluição do N durante o ciclo da cultura da batata (GREENWOOD et al., 1990; DUCHÈNNE et al., 1997; BÉLANGER et al., 2001; PAULA et al., 2005). Uma única curva de diluição foi ajustada com os resultados de

todos os tratamentos, sendo  $\%K = 5,54MS^{-0,317}$  com  $r^2 = 0,90$ . A concentração de K estimada pela equação nas fases iniciais do ciclo de desenvolvimento, representada pelo coeficiente  $\alpha$  de 5,54, foi 11,9% superior àquela proveniente dos resultados adaptados de YORINORI (2003), que foi de 4,95. A intensidade da diluição foi menos acentuada nos resultados atuais, representada pelo coeficiente  $\beta$  do modelo, que foi de -0,32 nestes e de -0,40 naqueles. Os resultados atuais da concentração de N também se ajustaram ao modelo potencial, sem diferir significativamente da curva crítica de diluição ajustada anteriormente por PAULA et al. (2005) para a mesma cultivar e no mesmo local.

O teor de K nas folhas não demonstrou relação com o acúmulo de massa seca das plantas nas disponibilidades inferiores de K (T1, T2 e T3) (Figura 3A). Entretanto, o teor aumentou em T4 e T5. Tendência oposta foi observada nas hastes e tubérculos, onde os teores diminuíram linearmente à medida que avançou o ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas (Figura 3B). Nesses dois órgãos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Os teores de K foram 2,2 vezes superiores nas hastes do que nos tubérculos.

Uma relação linear foi ajustada entre os teores de K e N em nível da planta inteira durante todo o ciclo da cultura, indicando que o acúmulo desses dois nutrientes obedece a uma relação simples de proporcionalidade (Figura 4).

### **Discussão**

A diluição de K em plantas de batata no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento seguiu o mesmo modelo descrito para o N por PAULA (2005). O fato de os dois nutrientes ajustarem-se ao mesmo modelo de diluição pode ser atribuído às funções fisiológicas no metabolismo das plantas. Enquanto o N está associado, principalmente, com a síntese de proteínas e clorofila, o K é o principal regulador iônico, afetando, dentre outros processos, a ativação das enzimas, o transporte de solutos, os tropismos e a abertura e fechamento dos estômatos. Isso significa que esses dois nutrientes concentram-se em órgãos com elevada atividade metabólica, a qual está associada com o crescimento, a diferenciação dos órgãos e/ou com mecanismos de regulação (SHABALLA, 2003; GREENWOOD & STONE, 1998). Em nível de planta inteira, os teores representam o resultado ponderal do produto entre o teor nos tecidos de cada órgão e a respectiva fração na composição da massa seca total da planta. A diluição no decorrer do ciclo da cultura é

determinada pelo metabolismo e também pelas relações de competição que regem a partição da massa seca entre os órgãos da planta. Nas fases iniciais do ciclo de crescimento e desenvolvimento, as folhas e hastes constituíram-se nos drenos principais da planta, com teores máximos de K respectivamente de 4,3 e 10,4% (Figura 3A). Nas fases finais, os tubérculos representaram aproximadamente 80% da massa seca total, com teores máximos de K de 2,5%.

GREENWOOD & STONE (1998) demonstraram que durante o ciclo de outras espécies de plantas, tanto o teor crítico de K quanto a máxima diluição decrescem proporcionalmente com a taxa relativa de crescimento. Na busca de uma relação N/K, esses autores partiram da curva crítica de diluição do N. Essa opção justificou-se pelo fato de que, no manejo da adubação nitrogenada, os níveis excessivos de N são evitados, porque reduzem a produtividade das culturas e podem poluir o ambiente. Com relação ao K, esses riscos são reduzidos, porque a lixiviação é menos acentuada do que a do N e teores na planta acima daqueles críticos podem ser benéficos, por aumentar o período de atividade das folhas (LE BOT et al., 1994, COGO et. al., 2006) e a qualidade dos tubérculos (MCNABNAY et al., 1999) e por reduzir a suscetibilidade ao ataque de pragas (AZEREDO et al., 2004). No caso da batata cultivada na região Sul do Brasil, a disponibilidade de K é naturalmente elevada no solo e uma das estratégias de adubação tem por objetivo evitar o esgotamento da fertilidade. Por esses motivos, o diagnóstico nutricional do K com base no teor máximo na planta é preferível. Os resultados apresentados permitem considerar a curva máxima de diluição do K como representando as doses máximas possíveis em cada fase do ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas da cultivar Asterix. Isso decorre do fato de que todos os tratamentos indicaram teores similares em nível da planta inteira, mesmo com doses de 3.021; 3.540; 3.801; 4.192 e 4.582 mg disponibilizadas para cada planta através do substrato e do volume das soluções nutritivas fornecidas em cada tratamento. Essas disponibilidades de K situaram-se entre 12 e 18 vezes acima daquelas de um solo com teores considerados muito altos (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

A expressão  $\%K_m = 1,137\%N_c + 1,35$  (Figura 4) poderá ser empregada para diagnosticar o estado nutricional das lavouras, com base no teor de N. Através desse diagnóstico é possível estimar as quantidades extraídas desses nutrientes e inferir sobre os níveis de suficiência (LEMAIRE et al., 1997). No caso de outros

genótipos de batata, ajustes poderão ser necessários, levando em conta principalmente a partição da massa seca entre os órgãos da planta. Esses ajustes poderão ser feitos em um primeiro momento através da média ponderada da massa seca dos diferentes órgãos em relação à massa seca total, a qual é determinante da concentração em nível da planta inteira.

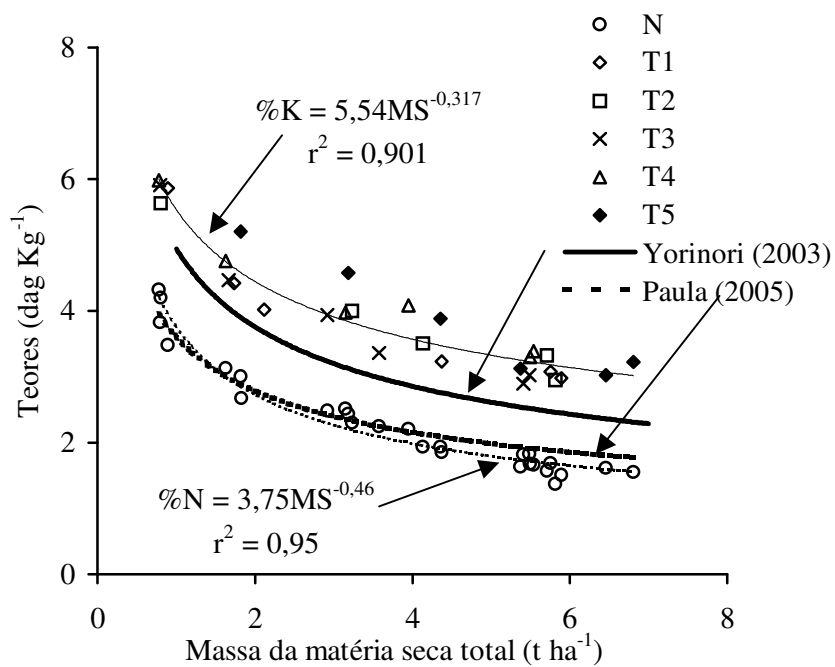
Os teores de N empregados para estabelecer essa relação confirmaram também a curva crítica de diluição do N ajustada anteriormente para a mesma cultivar por PAULA (2005). Para este nutriente, são disponíveis métodos indiretos de diagnóstico baseados no teor de clorofila e na reflexão/irradiação da cobertura vegetal, os quais oferecem maior rapidez que as análises químicas. Além disto, o diagnóstico pode ser automatizado em veículos altos, como ferramenta da agricultura de precisão (FONTES, 2001). Uma vez concluída a diagnose do N, aquela do K poderá ser estimada através da relação ajustada.

Através do emprego da equação transformada  $Kg\ ha^{-1} = 10 \alpha MS^{(1-\beta)}$ , obteve-se a quantidade de 1,9Kg de K extraído para cada unidade de N extraído pela cultura. Essa quantidade é 26,6% superior àquela obtida dos dados adaptados de YORINORI (2003), confirmando a hipótese de que o atual ajuste representa as quantidades máximas extraídas pela cultura da batata. A extração máxima de K para atingir a produtividade média de tubérculos de  $33\ t\ ha^{-1}$  foi de  $226Kg\ ha^{-1}$ . Essa quantidade é 61,4% superior a dose de adubação potássica recomendada pela COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (2004), que é de  $140Kg\ ha^{-1}$  para solos com teores muito altos desse nutriente. Isso significa que o manejo atual da adubação da cultura da batata nessa região deve ser ajustada aos níveis de produtividade, a fim de evitar o esgotamento da fertilidade do solo.

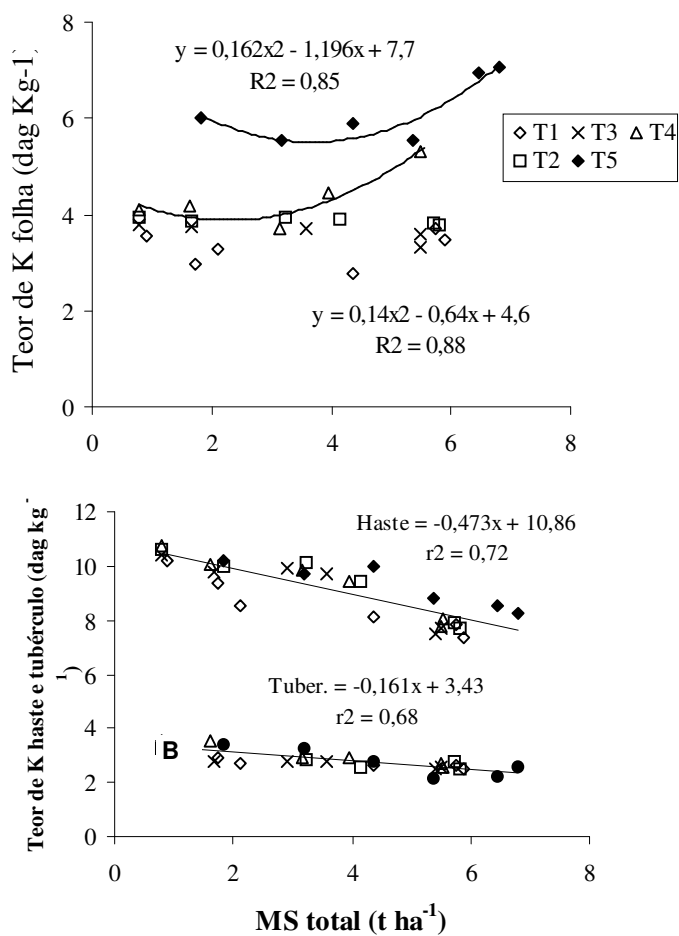
## Conclusões

1. A curva máxima de diluição do K para a cultivar Asterix de batata é  $\%K = 5,54MS^{-0,317}$ , sendo MS a massa seca acumulada.
2. A extração máxima de K durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas desta cultivar pode ser obtida pela expressão  $Kg\ ha^{-1}\ de\ K = 55,4\ MS^{0,683}$ .
3. A estimativa dos teores máximos de K a partir dos teores críticos de N pode ser feita pela expressão  $\%Km = 1,137\%Nc + 1,35$ , sendo  $Km$  o teor máximo de K e  $Nc$  o teor crítico de N.
4. Os resultados apresentados neste trabalho indicam a possibilidade de manejar a cultura da batata através de critérios mais precisos do que aqueles que têm sido empregados até o presente momento, baseados unicamente na análise do solo.

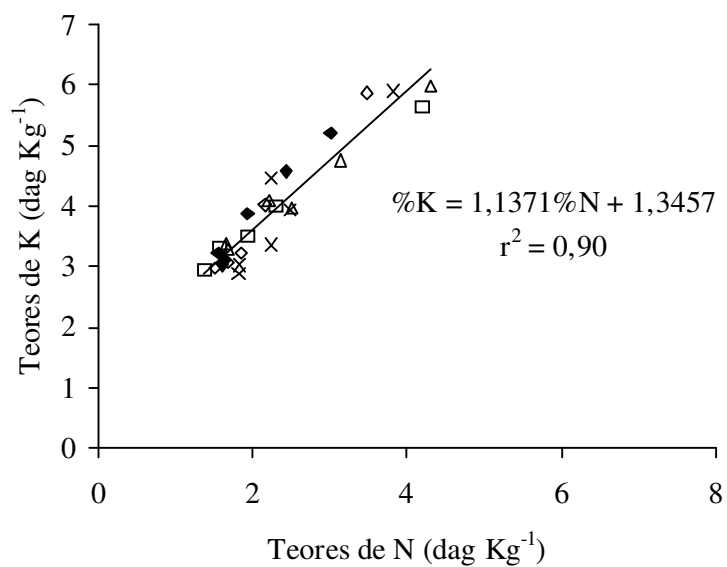




**FIGURA 2** – Teores de N e K na massa seca de planta inteira (MS aérea + MS tub.) durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata da cultivar Asterix, cultivadas com cinco níveis de disponibilidade de K. Santa Maria, RS, 2004



**FIGURA 3** – Teores de N e K na massa seca (MS) de folhas (A) hastes e tubérculos (B) durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata da cultivar Asterix, cultivadas com cinco disponibilidades de K. Santa Maria, RS, 2004.



**FIGURA 4** – Relação entre as concentrações de N e de K na massa seca de planta inteira (MS aérea + MS tub.) durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento de plantas de batata da cultivar Asterix, cultivadas com cinco disponibilidades de K. Santa Maria. RS. 2004.

## DISCUSSÃO GERAL

A primeira fase desse manejo consiste em estimar a extração de nutrientes com base no nível de produtividade esperado para a lavoura, levando em conta o potencial de produção da região e da época de cultivo. Essa estimativa pode ser feita mediante o uso dos modelos ajustados neste trabalho, conforme exemplificado na Tabela 5.

**TABELA 5-** Indicações da extração de N e K pela cultura da batata para diferentes níveis de produtividade de tubérculos.

Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Massa seca total (t ha <sup>-1</sup> )	Quantidades extraídas (Kg ha <sup>-1</sup> )	
		Nitrogênio	Potássio
15	3,6	75,06	136,37
20	4,8	87,71	160,97
25	6,0	98,97	187,35
30	7,2	109,24	212,08
33	7,9	114,86	225,89
35	8,4	118,74	235,52
40	9,6	127,65	257,90
45	10,8	136,05	279,41
50	12,0	144,04	300,16
55	13,2	151,66	320,26
60	14,4	158,98	339,78

A estimativa do acúmulo de massa seca total da cultura no decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento pode ser feita a partir de uma relação polinomial conforme aquela ajustada por Paula (2005) (Tabela 6).

**TABELA 6-** Estimativa do acúmulo de massa seca total (MS aérea + MS tub.) e de N durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento da batata cv. Asterix, para uma produtividade de tubérculos de 52,7 t ha<sup>-1</sup>, no período de safra. Santa Maria, RS, UFSM, 2004.

Dias após o plantio	Massa seca acumulada (t ha <sup>-1</sup> ) (MS=0,0912DAP <sup>2</sup> -7,2756DAP+189,67)
40	1,961
47	2,964
54	2,760
61	3,749
68	5,132
75	6,908
82	9,077

A segunda fase do manejo consiste em verificar se as doses de fertilizantes estimadas na etapa anterior estão ajustadas de forma a manter a lavoura no estado nutricional adequado. Para tal, amostras de tecido poderão ser coletadas na lavoura em diferentes fases do ciclo de crescimento e desenvolvimento para determinação do teor de N. A suficiência desse teor poderá ser diagnosticada pela curva crítica de diluição, bem como as quantidades de fertilizantes a adicionar pela adubação, no caso de alguma deficiência ser detectada. O método poderá ainda vir a ser estendido para outros nutrientes além do K, mantendo sempre o N como variável de entrada para as relações de proporcionalidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELGADIR, H. A ; M. A. ERRRBHL; H. M.; AL- SARHAN, H. M.; IBRAHIN, M. The Effect of different levels of additional potassium on yield and industrial qualities of potato (*Solanum tuberosum* L.) in an irrigated arid region. **American Journal of Potato Research**, v. 80, p. 219-222, 2003.

AZEREDO, E. H. DE; LIMA, E.; CASSINO, P. C. R. Impacto dos nutrientes N e K e de açúcares solúveis sobre populações de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera, Chrysomelidae) e *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel) (Lepidoptera, Noctuidae) na cultura da batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.48, n.1, p. , 2004.

BATZ,W., et al. **Entwicklungsstadien der kartoffel**. Berlin: Biologische Bundesanstalt fur land-und forstwirtschaft, 1980. 7p.

BÉLANGER, G. W., J. R; RICHARDS, J. E; MILBURN, P. H.; ZIADI, N. Critical nitrogen curve and citrogen nutrition index for potato in eastern Canada. **American Journal of Potato Research**, v. 78, p. 355-364, 2001.

BLENKINSOP, R. W. et al. Changes in compositional parameters of tubers of potato (*Solanum tuberosum*) during low-Temperature storage and their relationship to chip processing quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 4545-4553, 2002.

COGO, C. M.; ANDRIOLO, J. L.; BISOGNIN, D. A.; GODOY, R. DOS S.; BORTOLOTO, O. C.; BARROS, G. T. Crescimento, produtividade e qualidade de processamento de tubérculos de batata produzidos sob alta disponibilidade de potássio. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 10ª Edição, , 400 p., 2004.

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.

DAVENPORT, R. J.; BENTLEY, M. E. Does potassium fertilizer form, source, and time of application influence potato yield and quality in the Columbia basin? **American Journal of Potato Research**, v. 73, p. 311-318, 2001.

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.

EDWARDS, C. G. et al. Changes in color and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. **American Journal of Potato Research**, n.79, p.49-53, 2002.

FABEIRO C., MARTIN de SANTA OLALLA F., JUAN, JA de. Yield and size of deficit irrigated potatoes. **Agric Water Manage**, v.48, p.255– 266, 2001.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of fields crops**. New York : Marcel Dekker, 1991. 476p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Ed. UFV, 2000, 402p.

FONTES, P.C.R.; REIS JR., R.A.; PEREIRA, P.R.G. Critical potassium concentration and potassium/calcium plus magnesium ratio in potato petioles associated with maximum tuber yields. **Journal of Plant Nutrition**, v.19, p.657-667, 1996.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

GREENWOOD, D.J.; LEMAIRE, G.; GOSSE, G.; CRUZ, P.; DRAYCOTT, A.; NEETESON, J.J. Decline in percentage N of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> crops with increasing plant mass. **Annals of Botany**, v.66, p.425-436, 1990.

GREENWOOD, D.J.; STONE, D. A. Prediction and measurement of the decline in the critical-K, the maximum-K and total cation plant concentration during growth of field vegetables crops. **Annals of Botany**, v. 82p. 871-881, 1998

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

JAMES, W. D.; HURST, R. L.; WESTERMANN, D.T.; TINDAL, T. A. Nitrogen and Potassium fertilization of potatoes: evaluating nutrient element interactions in petioles with response surfaces. **American Potato Journal**, v. 71, p. 249-265, 1994.

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

LE BOT, J.; PILBEAM, D.J.; KIRKBY, E.A. Plant mineral nutrition in crop production. In: BASRA, A.S. **Mechanism of plant growth and improved productivity**. Ludhiana, India: Marcel Dekker, p. 33 – 72. 1994

LEMAIRE, G. SALETTE, J. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prelevement 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. Use of crop N status index in crop modelling. In : LEMAIRE, G. (Ed.). **Diagnostic procedures for crop N management**. Paris: INRA, 1997, p. 16-29.

LEWIS, R.J.; LOVE, S.L. Potato genotypes differ in petiole nitrate nitrogen concentrations over time. **Hortscience**, v.29, p.175-179, 1994.

LOCASCIO, J. S.; BARTZ, J.A.; WEINGARTNER, D. P. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida – I Effects on potato yield and tissue Ca and K concentrations. **American Potato Journal**, v. 69, p. 95-104, 1992.

LOPES, C.A., BLSO, J.A., Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Embrapa Hortaliças**, 1997.

MARCHAND, M.; BORRIÉ, B. Use of potash fertilizers through different application methods for high yield and quality crops. **Horticultural Abstracts**, v. 70, n. 7, p. 769, 2000

PAULA, A.L de. **Acúmulo de massa seca e nitrogênio durante o crescimento e desenvolvimento da cultura da batata**. Santa Maria, 2005. 23 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PEREIRA, ARIONE DA Silva & DANIELS, JULIO. O cultivo da batata na região Sul do Brasil. Embrapa Clima temperado. – Brasília, DF. 2003. 567 p.

PERRENOUD, S. **Potato: fertilizers for yield and quality**. Bern: International Potash Institute, 1993. 94 p.

REIS JÚNIOR, R. A. Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica. Viçosa, 1995. 115p. Tese (Mestrado) -Universidade Federal de Viçosa.

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

REIS JÚNIOR, R. A.; FONTES, P.C.R.; NEVES, J.C.L; SANTOS, N.T. Total soil electrical conductivity and critical soil K<sup>+</sup> to Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> ratio for potato crops. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p.985-989, 1999.

REIS JUNIOR, R. A; MONNEART, P.H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 360-364, novembro 2001.

REIS JÚNIOR, R. A.; MONNERAT, P.H. Nutrient concentrations in potato stem, petiole and leaf in response to potassium fertilizer. *Scientia Agricola*, v. 57, n. 2, p. 251-255, 2000

ROCHA, F.A.T.; FONTES, P.C.R.; FONTES, R.L.F.; REIS, F.P. Critical phosphorus concentrations in potato plant parts at two growth stages. **Journal of Plant Nutrition**, v.20, p.573-579, 1997.



SHABALA, S. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. **Annals of Botany**, v. 92, p. 627-634, 2003.

SHARMA, U.C.; ARORA, B.R. Critical nutrient ranges for potassium in potato leaves and petioles. **Journal of Horticultural Science**, v.64, p.47-51, 1989.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 173 p.

WALWORTH, J.L.; MUNIZ, J.E. A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. **American Potato Journal**, v.70, p.579-597, 1993.

WESTERMANN, D.T.; JAMES, D.W.; TINDALL, T.A.; HURST, T.R.L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. **American Potato Journal**, v. 71, p. 433-454, 1994a.

WESTERMANN, D.T.; TINDALL, T.A.; JAMES, D.W.; HURST, T.R.L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. **American Potato Journal**, v. 71, p. 417-432, 1994b.

YIN, X. et al. Some quantitative relationships between leaf área 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 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.