

# FILOCRONO EM BATATEIRA AFETADO PELO TAMANHO DO TUBÉRCULO-SEMENTE E PELA ÉPOCA DE CULTIVO <sup>(1)</sup>

NEREU AUGUSTO STRECK <sup>(2\*4)</sup>, FABIANA LUIZA MATIELO DE PAULA <sup>(3)</sup>, JACSO DELLAI <sup>(3)</sup>,  
DILSON ANTÔNIO BISOGNIN <sup>(24)</sup>, ADALBERTO LUIZ DE PAULA <sup>(3)</sup>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar o filocrono de plantas de batata da cultivar Asterix oriundas de diferentes tamanhos de tubérculos-semente, em duas épocas de cultivo em campo utilizando o conceito de graus-dia para o cálculo do filocrono. O experimento foi desenvolvido em Santa Maria (RS), na primavera de 2003 e no outono de 2004. Foram usados quatro tamanhos de tubérculos-semente da cultivar de batata Asterix: entre 2 e 4 cm, 4 e 6 cm, 6 e 8 cm e 8 e 10 cm. O filocrono ( $^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$ ) foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da relação entre número de folhas na haste principal e a soma térmica calculada por três métodos: método 1 - considera apenas a temperatura base; método 2 - considera a temperatura base e a temperatura ótima, e método 3 - considera a temperatura base, a temperatura ótima e a temperatura máxima. O tamanho do tubérculo-semente não afetou o filocrono, mas o método de cálculo da soma térmica e a época de cultivo afetaram o filocrono da batateira cultivar Asterix. No método de cálculo da soma térmica a ser usado no filocrono da batateira cultivar Asterix, recomenda-se usar a temperatura base e a temperatura ótima, pois com este método, o filocrono foi similar entre as épocas de cultivo.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum*, soma térmica, emissão de folhas, desenvolvimento vegetal, densidade de plantas.

## ABSTRACT

### PHYLLOCHRON IN POTATO AFFECTED BY TUBER-SEED SIZE AND GROWING SEASON

The objective of this study was to estimate the phyllochron of the potato cultivar Asterix in plants derived from different tuber seed sizes in two field growing seasons using the concept of degrees-days for calculating the phyllochron. The experiment was conducted in Santa Maria, RS, during Spring 2003 and Fall 2004. Four classes of tuber-seed diameter of the potato cultivar Asterix were used: 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm and 8-10 cm. The phyllochron was estimated as the inverse of the slope of the linear regression of main stem leaves number against the thermal time calculated with three methods: method 1 - considering only the base temperature, method 2 - considering the base temperature and the optimum temperature, and method 3 - considering the base temperature, the optimum temperature and the maximum temperature. Tuber-seed size did not affect the phyllochron of the potato cultivar Asterix, but the method of calculating thermal time and the planting date affected the phyllochron. For the method of calculating thermal time in the phyllochron of the potato cultivar Asterix, it is recommended to use the base temperature and the optimum temperature, because it produced similar phyllochron values in the two growing seasons.

**Key words:** *Solanum tuberosum*, thermal time, leaf emergence, crop development, plant density.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 4 de janeiro de 2007 e aceito em 4 de agosto de 2008.

<sup>(2)</sup> Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Av. Roraima, 1000, 97105-900 Santa Maria (RS), Brasil. E-mail: nstreck1@smail.ufsm.br (\*) Autor correspondente.

<sup>(3)</sup> Estudante do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM. Bolsista CAPES.

<sup>(4)</sup> Bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de tubérculos em batateira é ajustada pela taxa de emissão de folhas que afeta a evolução do índice de área foliar (IAF), o qual é responsável pela interceptação da radiação solar, parte da qual é usada na fotossíntese que produz os assimilados necessários ao crescimento dos diversos órgãos da planta. O IAF também é um dos principais fatores que afetam a evaporação de água do solo e a transpiração do dossel. Integrando-se a taxa de emissão de folhas, tem-se o número de folhas acumuladas (NF) em uma haste ou planta, o qual é uma excelente medida de tempo biológico e está associado à época de ocorrência de diversos estádios de desenvolvimento em várias culturas (STRECK et al., 2003; XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005), como por exemplo o início da ramificação lateral em batateiras (VOS e BIEMOND, 1992). Portanto, a simulação da emissão de folhas é um importante componente em modelos de simulação do crescimento e produtividade de culturas agrícolas (STRECK et al., 2003). Uma das maneiras de estimar o NF é através do conceito do filocrono, definido como o intervalo de tempo entre a emissão de duas folhas sucessivas (KLEPPER et al., 1982; FRANK e BAUER, 1995; HERMES et al., 2001).

O tempo em dias, segundo o calendário civil, é comumente utilizado para contabilizar o tempo em plantas (dia do ano, dias após a semeadura/plantio ou transplante ou dias após a emergência). A unidade de tempo em dias, no entanto, não é a mais apropriada, pois crescimento e desenvolvimento vegetal são fortemente influenciados pela temperatura do ar. Portanto, uma medida de tempo mais correta para determinar o crescimento e o desenvolvimento das plantas deveria incluir a temperatura. Uma das maneiras de incluir o efeito da temperatura do ar sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal é através do conceito da soma térmica, com unidade °C dia (GILMORE e ROGERS, 1958; JEFFERIES e MACKERRON, 1987; McMASTER e SMIKA, 1988). Utilizando-se a soma térmica como medida de tempo, o filocrono corresponde ao número de graus-dia necessário para o aparecimento de duas folhas sucessivas, com unidade °C dia folha<sup>-1</sup>.

O filocrono, mesmo com unidade de tempo em °C dia varia com a época de cultivo (FRANK e BAUER, 1995; KIRBY, 1995; STRECK et al., 2005). No caso do cultivo da batata no Rio Grande do Sul, existem duas épocas recomendadas: o cultivo de outono, com plantio de janeiro a março e o cultivo de primavera, com plantio de julho a setembro (BISOGNIN, 1996). Estas duas épocas recomendadas são bastante distintas em termos de temperatura do ar e fotoperíodo. No cultivo de outono a temperatura e o fotoperíodo são elevados

no início do ciclo de desenvolvimento e diminuem devido à proximidade do solstício de inverno. No cultivo de primavera é o oposto, ou seja, o ciclo de desenvolvimento inicia-se com baixa temperatura e fotoperíodo curto e estes elementos meteorológicos aumentam com o avanço do ciclo de desenvolvimento devido à aproximação do solstício de verão.

Tubérculos-semente grandes resultam em maior número de hastes por cova e na produção de maior número de tubérculos de menor tamanho (BISOGNIN et al., 1998), o que é recomendado quando a produção se destina ao mercado de batata-semente (MORENA et al., 1994). Como o tamanho do tubérculo-semente determina a densidade de plantas em batata, é importante conhecer como a taxa de emissão de folhas é afetada pelo tamanho do tubérculo-semente. Esta informação é necessária, por exemplo, quando o filocrono é parte de modelos de simulação do crescimento e rendimento da batata (CAO e TIBBITTS, 1995; FLEISHER et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi estimar o filocrono de plantas de batata da cultivar Asterix oriundas de diferentes tamanhos de tubérculos-semente, em duas épocas de cultivo em campo utilizando o conceito de graus-dia para o cálculo do filocrono.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), a latitude: 29°43'S, longitude: 53°43'W e altitude: 95m. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é Cfa, que significa Subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes (MORENO, 1961). O solo representativo do local é uma transição entre Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico, pertencente à unidade de Mapeamento São Pedro, e Alissolo Hipocrômico argilúvico típico, pertencente à unidade de mapeamento Santa Maria (EMBRAPA, 1999). A cultivar usada foi a Asterix, que apresenta tubérculos com casca rosada e de boa aparência externa, tem ótima aceitação nas indústrias de processamento e bom potencial de rendimento, sendo uma das cultivares mais utilizadas no RS (FIOREZE, 2003). Os tubérculos-semente foram provenientes de um cultivo no outono de 2003 e colhidos em junho do mesmo ano. Estes tubérculos foram armazenados a 20 °C até setembro de 2003 e a 8 °C a partir desta data.

Foram utilizados quatro tamanhos de tubérculos-semente agrupados em classes, segundo o seu maior diâmetro, entre 2 e 4 cm, 4 e 6 cm, 6 e 8 cm e 8 e 10 cm. Em cada classe de tamanho de tubérculo-

semente foram plantados dez tubérculos em fileiras de 3 m de comprimento, separadas de 1 m, e as covas distanciadas de 0,33 m. Foi realizado um plantio em duas épocas distintas: o de primavera, em 15/9/2003 e o de outono, em 27/2/2004, que são épocas recomendadas para a região de Santa Maria, RS (BISOGNIN, 1996). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com duas repetições (blocos). Cada repetição foi composta de uma fileira de 3 m com dez covas, sendo utilizada uma cova nas extremidades de cada fileira como bordadura. A adubação foi realizada no sulco de plantio na proporção de 1500 kg ha<sup>-1</sup> de adubo N (7%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (11%) e KCl (9%). O manejo das plantas seguiu as recomendações técnicas para a cultura da batata (BISOGNIN, 1996).

Uma semana após a emergência foi escolhida e marcada uma planta em cada cova. Nas plantas marcadas, duas vezes por semana, foram realizadas contagens do número de folhas visíveis (NF) na haste principal até o fim do período de emissão de folhas. Uma folha foi considerada como visível quando o folíolo apical estava com 1 cm de comprimento (CAO e TIBBITTS, 1995). No subperíodo reprodutivo, quando do início da senescência das plantas, foi feita a contagem do número final de folhas na haste principal das plantas marcadas e do número de plantas por cova.

Os dados de temperatura mínima e máxima diária do ar durante o período experimental foram coletados na Estação Climatológica Principal pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a aproximadamente 200 metros da área experimental.

Existem vários métodos de cálculo da soma térmica (GILMORE e ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960; MCMASTER e WILHELM, 1997). No método mais simples, subtrai-se a temperatura média diária do ar da temperatura basal inferior (T<sub>b</sub>). Quando a temperatura média diária do ar for maior que a temperatura ótima (T<sub>ot</sub>) da cultura durante a estação de cultivo, pode-se usar um segundo método de cálculo que constitui em não considerar o aumento no acúmulo térmico acima da T<sub>ot</sub> ou, ainda, usar um terceiro método de cálculo em que se reduz o acúmulo térmico acima da T<sub>ot</sub> até chegar a zero quando a temperatura média diária do ar é igual ou superior à temperatura basal superior ou temperatura máxima (T<sub>max</sub>) para o desenvolvimento da cultura (STRECK et al., 2005; PAULA et al., 2005). Quando a temperatura média do ar não é maior que a T<sub>ot</sub>, os graus-dia calculados pelos três métodos não diferem, mas quando a temperatura média do ar ultrapassa os valores de T<sub>ot</sub>, os graus-dia calculados diferem entre os métodos (PAULA et al., 2005). Neste trabalho a soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada por três métodos (GILMORE e ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960; STRECK et al., 2005):

Método 1:

$$STd = \begin{cases} 0, & T_{med} < T_b \\ (T_{med} - T_b).1dia, & T_{med} \geq T_b \end{cases} \quad (1)$$

Método 2:

$$STd = \begin{cases} 0, & T_{med} < T_b \\ (T_{med} - T_b).1dia, & T_b \leq T_{med} \leq T_{ot} \\ (T_{ot} - T_b).1dia, & T_{med} > T_{ot} \end{cases} \quad (2)$$

Método 3:

$$STd = \begin{cases} 0, & T_{med} < T_b \\ (T_{med} - T_b).1dia, & T_b \leq T_{med} \leq T_{ot} \\ (T_{max} - T_{med}).(T_{ot} - T_b)/(T_{max} - T_{ot}).1dia, & T_{ot} \leq T_{med} \leq T_{max} \\ 0, & T_{med} > T_{max} \end{cases} \quad (3)$$

em que: T<sub>b</sub>, T<sub>ot</sub> e T<sub>max</sub> são, respectivamente, as temperaturas cardinais (base, ótima e máxima) para a taxa de emissão de folhas em batata, consideradas como 7, 21 e 30 °C, respectivamente (SANDS et al., 1979; MANRIQUE e HODGES, 1989), e T<sub>med</sub> é a temperatura média do ar, calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diária do ar. A representação gráfica dos métodos de cálculo da STd está na Figura 1.

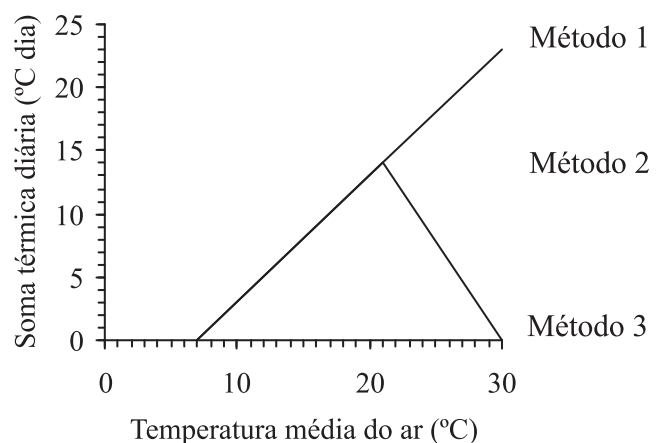


Figura 1. Representação esquemática dos métodos de cálculo da soma térmica diária utilizada no estudo, com o uso das temperaturas cardinais base inferior, ótima e base superior para a taxa de emissão de folhas em batata de 7, 21 e 30 °C respectivamente.

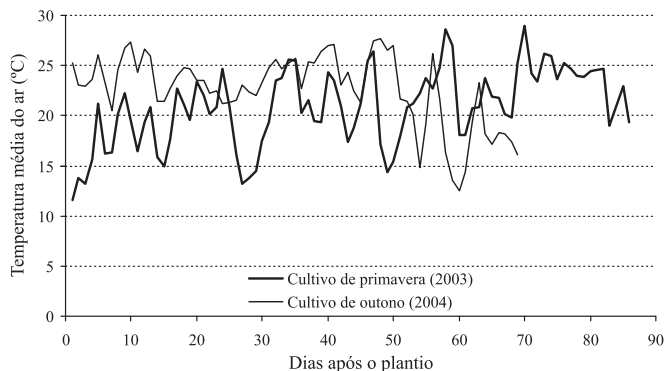
A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir da emergência foi calculada por  $STa = \sum_1^n STd$  para os três métodos de cálculo de STd, em que  $n$  é duração em dias do período de emissão de folhas. Para cada repetição (oito plantas) foi realizada uma regressão linear entre o NF e a STa. O filocrono de cada repetição foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear (KLEPPER et al, 1982; CAO e TIBBITTS, 1995; BAKER e REDDY, 2001).

Para os resultados de filocrono foi realizada análise de variância utilizando esquema trifatorial considerando-se o tamanho de tubérculo-semente, a época de cultivo e o método de cálculo da soma térmica como fatores principais. O esquema trifatorial foi usado para estudar os efeitos da época de cultivo sobre o filocrono em cereais de inverno (FRANK e BAUER, 1995). Para a variável número final de folhas na haste principal, foi realizada a análise de variância utilizando-se esquema bifatorial considerando-se o tamanho do tubérculo-semente e a época de cultivo como fatores principais. Quando houve efeito significativo ( $p=0,05$ ) para fatores e as interações (duplas e tripla) entre os fatores, as médias de filocrono e número final de folhas foram distinguidas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004 as condições de temperatura do ar foram distintas (Figura 2). No cultivo de primavera de 2003, a temperatura média do ar no início do período de emissão de folhas esteve frequentemente abaixo da temperatura ótima para o aparecimento de folhas em batata (21 °C) e foi crescente no decorrer do ciclo de desenvolvimento. No cultivo de outono de 2004, a variação da temperatura média do ar foi oposta ao ocorrido no cultivo de primavera de 2003, ou seja, temperaturas maiores do que a  $T_{ot}$  no início do período de emissão de folhas e decrescente no decorrer do ciclo de desenvolvimento.

Foram verificados valores elevados de coeficiente de correlação entre o NF e a STa para os três métodos de cálculo de STd, conforme exemplo de cálculo na Figura 3. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos foram acima de 0,97 e 0,95, respectivamente, para os cultivos de primavera de 2003 e outono de 2004. Valores de  $R^2$  acima de 0,95 revelam relação linear forte entre o número de folhas por planta e a soma térmica acumulada, indicando ser a temperatura do ar o fator ambiental principal que governa o aparecimento de folhas em batata e a

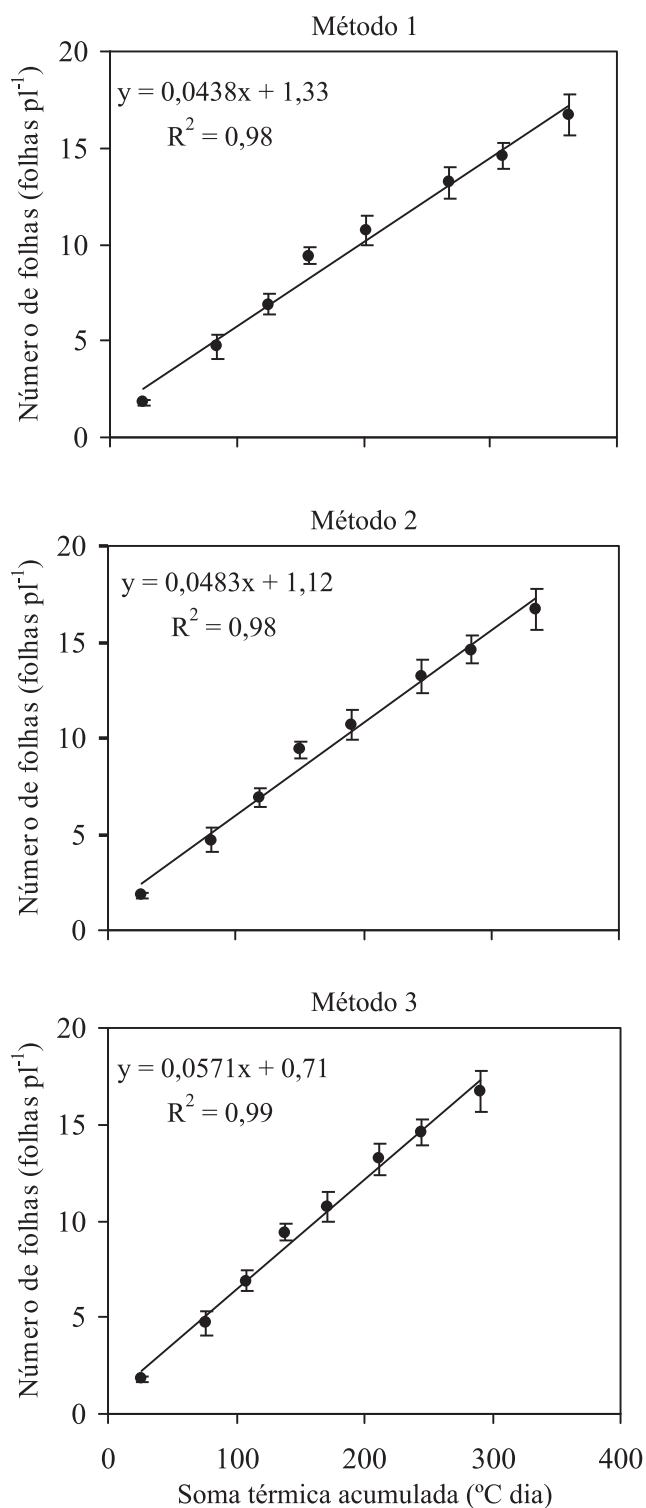


**Figura 2.** Temperatura média diária do ar (°C) no período do plantio até a emissão da última folha de plantas de batata, cultivar Asterix, oriundas de diferentes tamanhos de tubérculos-semente em dois cultivos em campo, em Santa Maria (RS), 2003-2004. As linhas horizontais pontilhadas representam as temperaturas cardinais de emissão de folhas em batata (temperatura base = 7°C, temperatura ótima = 21°C e temperatura máxima = 30°C, respectivamente).

estimativa do filocrono pelo método de regressão linear é apropriada (STRECK et al., 2005).

No cultivo de primavera de 2003, os diferentes tamanhos de tubérculos-semente produziram 3,33; 6,67; 9,67 e 12,33 plantas  $m^{-2}$  e, no outono de 2004, 8,58; 10,67; 17,0 e 28,67 plantas  $m^{-2}$  na classe de menor para a classe de maior tamanho de tubérculo. O número de plantas originadas de cada tubérculo-semente foram 1; 2; 2,9 e 3,7 no cultivo de primavera de 2003 e 2,6; 3,2; 5,1 e 8,6 no cultivo de outono de 2004. O maior número de plantas por tubérculo-semente no cultivo de outono pode ser atribuído à sua idade fisiológica mais avançada, devido ao maior período de armazenamento, ou seja, o armazenamento avança o estágio fisiológico dos tubérculos promovendo a brotação de maior número de gemas.

A análise de variância da variável filocrono revelou efeito significativo apenas para o fator método de cálculo da soma térmica e a interação método versus época de cultivo (Tabela 1). Portanto, a análise estatística da variável filocrono foi desdobrada analisando-se o efeito do método de cálculo em cada época de cultivo, bem como, o efeito da época de cultivo sobre o filocrono em cada método de cálculo da soma térmica. Entre estas duas fontes de variação (método e a interação método versus época), o método de cálculo da soma térmica teve o maior quadrado médio (Tabela 1), indicando que o filocrono da batateira varia mais com o método de cálculo da soma térmica do que com a época de cultivo.



**Figura 3.** Relação do número de folhas acumuladas na haste principal e soma térmica acumulada a partir da emergência pelos três métodos de cálculo da soma térmica diária utilizada na estimativa do filocrono em batata cultivar Asterix. Cada ponto representa a média de 8 plantas, provenientes de tubérculos-semente 8 a 10 cm de diâmetro no cultivo da primavera, em Santa Maria (RS), 2003.

**Tabela 1.** Graus de liberdade (GL) e quadrado médio (QM) do quadro de análise da variância para as variáveis filocrono e número final de folhas na haste principal de batata cultivar Asterix. Santa Maria (RS), 2003-2004

Fonte de variação	GL	QM
Filocrono		
Tamanho	3	1,57 <sup>ns</sup>
Época	1	14,56 <sup>ns</sup>
Método	2	374,91 *
Tamanho x Época	3	5,39 <sup>ns</sup>
Método x Tamanho	6	0,29 <sup>ns</sup>
Método x Época	2	39,17 *
Tamanho x Época x Método	6	0,14 <sup>ns</sup>
Número final de folhas na haste principal		
Tamanho	3	8,38 <sup>ns</sup>
Época	1	55,13 *
Tamanho x Época	3	2,28 <sup>ns</sup>

\* Probabilidade ≤ 0,05. <sup>ns</sup> = não significativo. Método = método de cálculo da soma térmica. Tamanho = tamanho de tubérculo-semente. Época = época de cultivo

Para a variável número final de folhas na haste principal, não houve efeito significativo do tamanho de tubérculo-semente nem da interação tamanho versus época, mas sim efeito significativo do fator época de cultivo (Tabela 1).

A diferença estatística do número final de folhas na haste principal entre as duas épocas de cultivo está associada com o fotoperíodo. No cultivo de primavera de 2003, quando as plantas produziram 24 folhas na haste principal, a emergência das plantas ocorreu quando o fotoperíodo era de 13,4 horas e crescente na medida em que a planta avançou no ciclo de desenvolvimento. Já no cultivo de outono de 2004, quando as plantas produziram 20 folhas na haste principal, a emergência das plantas ocorreu quando o fotoperíodo era de 13,1 horas e decrescente na medida em que a planta avançou no ciclo de desenvolvimento. Em fotoperíodo curto, a planta de batata acelera o início de tuberização e produz menos folhas (STRECK et al., 2007).

Na primavera de 2003, os métodos de cálculo 1 e 2 da soma térmica resultaram em maiores valores de filocrono em relação ao método 3. No outono de 2004, o método 1 resultou em maiores valores de filocrono em relação ao método 2 e esse em relação ao método 3 (Tabela 2). Os maiores valores de filocrono verificados pelo método 1 ocorreram devido ao fato de que com grande frequência os valores de  $T_{med}$  superaram a  $T_{ot}$  (21°C) em ambos os cultivos (Figuras 1 e 2).

O efeito dos diferentes métodos de cálculo da soma térmica acumulada também foi relatado em outras culturas como com trigo, milho e girassol (SANGOI e SILVA, 1986; MCMASTER e WILHELM, 1997).

**Tabela 2.** Filocrono em °C dia folha<sup>-1</sup> de plantas de batata cultivar Asterix estimado por diferentes métodos de cálculo da soma térmica e em duas épocas de cultivo a campo. Santa Maria (RS), 2003-2004

Método de cálculo da soma térmica (1)	Época de cultivo	
	Primavera - 2003	Outono - 2004
Método 1	25,3 aB*	29,3 aA
Método 2	22,8 aA	24,3 bA
Método 3	18,8 bA	16,6 cB
CV (%)	9,3	

(1) Método de cálculo da soma térmica segundo as eq. (1) a (9).

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando se comparou cada método de cálculo da soma térmica em função da época de cultivo, observou-se que o filocrono foi significativamente menor no cultivo de primavera quando a soma térmica foi calculada pelo método 1. O filocrono não diferiu estatisticamente entre as duas épocas quando a soma térmica foi calculada pelo método 2 e método 3, o filocrono foi estatisticamente maior no cultivo de primavera (Tabela 2). O maior valor pelo método 1 e o menor valor de filocrono pelo método 3, no cultivo de outono, ocorreram devido à maior frequência de dias com  $T_{med}$  acima da  $T_{ot}$  (21°C) nesta época comparada com o cultivo de primavera (Figura 2). Em função desses resultados, recomenda-se usar o método 2 para o cálculo da soma térmica (eq. 3 a 5), ou seja, não aumentar nem diminuir o acúmulo de graus-dia quando a  $T_{med}$  for maior que a  $T_{ot}$  (21°C), pois com esse método um mesmo valor de filocrono pode ser usado para as duas épocas de cultivo recomendadas para Santa Maria (RS).

Os resultados confirmaram que a competição intraespecífica dada pelo aumento do número de plantas de batata na cova em virtude do tamanho do tubérculo-semente não afeta a taxa de aparecimento de folhas nem o número final de folhas na haste principal da cultivar Asterix em cultivo de campo. Deve-se ressaltar que neste experimento o número de plantas variou bastante entre o tamanho do tubérculo menor e o maior, de 1 a 9 plantas por cova, respectivamente, considerando-se as duas épocas de cultivo. Portanto, pode-se assumir que em uma lavoura de batata, a variabilidade espacial da densidade de plantas que pode ocorrer por causas diversas, entre elas o tamanho do tubérculo-semente,

não afeta o filocrono e a taxa de emissão de folhas da batata. Segundo KIRBY (1995), o filocrono e a taxa de emissão de folhas em trigo e cevada são afetados primariamente pela temperatura e fotoperíodo e que fatores relacionados à competição intra e interespecífica tem pequeno ou nenhum efeito sobre o filocrono. Similarmente, XUE et al. (2004) não obtiveram diferença de filocrono em trigo quando a densidade de plantas variou de 55 a 440 plantas por metro quadrado.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O tamanho do tubérculo-semente não afeta o filocrono nem o número final de folhas na haste principal de plantas de batata da cultivar Asterix cultivada em campo.

2. No método de cálculo da soma térmica a ser usado no filocrono da batateira cultivar Asterix, recomenda-se usar a temperatura-base e a temperatura ótima, pois com este método, o filocrono é similar entre as épocas de cultivo.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudo, e aos revisores *Ad Hoc* pelas valiosas contribuições, críticas e sugestões em versões anteriores do manuscrito.

#### REFERÊNCIAS

- ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **American Society for Horticultural Science**, Cambridge, v.76, p.682-692, 1960.
- BAKER, J.T.; REDDY, V.R. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. **Annals of Botany**, London, v.87, p.605-613, 2001.
- BISOGNIN, D.A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: UFSM, 1996. 64p.
- BISOGNIN, D.A.; CENTENARO, R.; MISSIO, E.L. Uso do ácido giberélico na quebra de dormência e de dominância apical em batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, p.205-213, 1998.
- CAO, W.; TIBBITTS, T.W. Leaf emergence on potato stems in relation to thermal time. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p.474-477, 1995.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Embrapa - CNPS, 1999. 412p.

- FIGEZE, C. A batata no Estado do Rio Grande do Sul. In: PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.44-52.
- FLEISHER, D.H.; SHILLITOB, R.M.; TIMLINA, D.J.; KIMA, S.H.; REDDYA, V.R. Approaches to modeling potato leaf appearance rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, p.522-528, 2006.
- FRANK, A.B.; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. **Crop Science**, Madison, v.35, p.19-23, 1995.
- GILMORE, E.C.Jr.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, p.611-615, 1958.
- HERMES, C.C.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CARON, B.; POMMER, S.F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, p.269-275, 2001.
- JEFFERIES, R.A.; MACKERRON, D.K.L. Thermal time as a non-destructive method of estimating tuber initiation in potatoes. **Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.108, p.249-252, 1987.
- KIRBY, E.J. Factors affecting rate of emergence in barley and wheat. **Crop Science**, Madison, v.35, p.11-19, 1995.
- KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.789-792, 1982.
- MANRIQUE, L.A.; HODGES, T. Estimation of tuber initiation in potatoes grown in tropical environments based on different methods of computing thermal time. **American Potato Journal**, Orono, v.66, p.425-436, 1989.
- McMASTER, G.S.; SMIKA, D.E. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the Central Great Plains. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.43, p.1-18, 1988.
- McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.87, p.291-300, 1997.
- MORENA, I.; GUILLEN, A.; MORAL, L.F.G. Yield development in potatoes as influenced by cultivar and the timing and level of nitrogen fertilization. **American Potato Journal**, Orono, v.71, p.165-173, 1994.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.
- PAULA, F.L.M.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L.; DELLAL, J. Soma térmica de algumas fases de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1034-1042, 2005.
- SANDS, P.J.; HACKETT, C.; NIX, H.A. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). 1- Derivation from well-managed field crops. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.2, p.309-331, 1979.
- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. Comparação entre métodos de cálculo de unidades térmicas e os dias do calendário na previsão de subperíodos de desenvolvimento do girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, p.901-908, 1986.
- STRECK, N.A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, P.S. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, London, v.92, p.181-190, 2003.
- STRECK, N.A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; SCHNEIDER, F.M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1275-1280, 2005.
- STRECK, N.A.; PAULA, F.L.M.; BISOGNIN, D.A.; HELDWEIN, A.B.; DELLAL, J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.142, p.1-11, 2007.
- VOS, J.; BIEMOND, J. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 1. Leaf appearance, expansion growth, life spans of leaves and stem branching. **Annals of Botany**, London, v.70, p.27-35, 1992.
- XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P.S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.175, p.261-270, 2004.