

ISSN 0104-1347

Filocrono da planta de batata cultivar Asterix em diferentes épocas de plantio

Phyllochron of the potato plant cultivar Asterix in several planting dates

Fabiana Luiza Matielo de Paula¹, Nereu Augusto Streck², Dilson Antônio Bisognin², Arno Bernardo Heldwein^{2,3}, Isabel Lago⁴

Resumo: O filocrono é definido como o tempo necessário para o aparecimento de duas folhas sucessivas em uma haste. Através do filocrono pode-se calcular o número de folhas acumuladas na haste, o que é uma medida de desenvolvimento vegetal. O objetivo do trabalho foi determinar o filocrono da batata cultivar Asterix (*Solanum tuberosum* L.) em diferentes épocas de plantio. Um experimento de campo foi conduzido em 14 épocas de plantio em Santa Maria, RS, sendo 9 épocas no ano de 2003 (21-01; 12-02; 28-02; 27-03; 12-08; 15-09; 15-10; 20-11 e 24-12) e 5 épocas no ano de 2004 (28-01; 27-02; 26-03; 26-04 e 26-08). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de plantas de 3,0 m de comprimento, separadas por 0,75 m entre linhas e 0,33 m entre plantas. O filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas na haste principal e a soma térmica acumulada acima de 7°C a partir da emergência das plantas de batata. O filocrono da batata cultivar Asterix variou com a época de cultivo ao longo do ano, de 22,2 a $35,5^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., filocrono, graus dia.

Abstract: Phyllochron is defined as the time interval between the appearance of successive leaves on a stem. The phyllochron concept can be used to calculate the number of emerged leaves on a stem, which is a measurement of plant development. The objective of this study was to estimate the phyllochron of the potato plant (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Asterix in several planting dates. A field experiment was conducted in Santa Maria, RS, Brazil. A total of nine planting dates in 2003 (01-21; 02-12; 02-28; 03-27; 08-12; 09-15; 10-15; 11-20; 12-24) and five planting dates in 2004 (01-28; 02-27; 03-26; 04-26; 08-26) were performed. The experimental design was a randomized complete block, with four replications. The experimental unit had four rows with 3 m, spaced 0.75m among rows and 0.33m among plants. The phyllochron was estimated as the inverse of the slope of the linear regression between number of emerged leaves on the main stem and accumulated thermal time above 7°C after plant emergence. Phyllochron of the cultivar Asterix varied among planting dates, from 22.2 to $35.5^{\circ}\text{C day leaf}^{-1}$.

Key words: *Solanum tuberosum* L., phyllochron, degree-days.

¹ Aluna do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Bolsista da CAPES.

² Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS. Autor para correspondência: nstreck1@gmail.com.

³ Bolsista de Produtividade do CNPq.

⁴ Aluna do Curso de Agronomia, CCR, UFSM. Bolsista de iniciação científica da FAPERGS.

Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é pertencente à família Solanaceae e originária da Cordilheira dos Andes. O cultivo da batata no Brasil foi intensificado na década de 20, no cinturão verde de São Paulo. A batata ocupa o quarto lugar em volume de produção mundial de alimentos, sendo superada apenas pelo trigo, arroz e milho, com uma produção média mundial nos anos 2000 a 2004 acima de 320 bilhões de toneladas por ano (FAO, 2005). A área cultivada com batata no Brasil é de aproximadamente 150 mil ha e a produtividade média no ano de 2003 foi de 20,5 t ha⁻¹. A produção concentra-se nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, sendo estes Estados responsáveis por aproximadamente 98% da produção nacional (IBGE, 2004).

A emissão de folhas é um processo do dossel vegetal que afeta a evolução do índice de área foliar da planta, o qual tem relação direta com a interceptação da radiação solar pelo dossel, fotossíntese e o crescimento de diversos órgãos da planta. Integrando-se a taxa de emissão de folhas, tem-se o número de folhas acumulados em uma haste ou planta, o qual é uma medida excelente de tempo biológico e está associado à época de diversos estágios de desenvolvimento em várias culturas (STRECK et al., 2003a, b; XUE et al., 2004), como por exemplo, o início da ramificação axilar em batata (VOS & BIEMOND, 1992). Portanto, o cálculo da emissão de folhas é um importante componente em modelos de simulação do crescimento e rendimento de culturas agrícolas. Uma maneira de calcular a emissão de folhas em modelos de simulação é por meio do filocrono, definido como o intervalo de tempo entre a emissão de duas folhas sucessivas (KIRBY, 1995; FRANK & BAUER, 1995; XUE et al., 2004).

Uma unidade freqüentemente usada para contabilizar o tempo em plantas é dias do calendário civil (exemplo: dia do ano, dias após a semeadura ou emergência). A unidade de tempo em dias, no entanto, não é a mais adequada, pois o crescimento e o desenvolvimento vegetal são fortemente influenciados pela temperatura do ar. Portanto, uma medida de tempo biológico mais realística para a planta deve incluir a temperatura

do ar. Uma maneira de incluir o efeito da temperatura do ar sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, é calcular a soma térmica acima de uma temperatura mínima ou base, considerada uma melhor medida de tempo biológico em plantas do que dias do calendário civil (GILMORE & ROGERS, 1958; RUSSELE et al., 1984; McMASTER & SMIKA, 1988). Neste caso, o filocrono é a soma térmica necessária para emissão de duas folhas sucessivas (HERMES, et al. 2001; XUE et al., 2004).

O objetivo do trabalho foi estimar o filocrono da planta de batata cultivar Asterix em diferentes épocas de plantio.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29° 43'S, longitude: 53° 43'W e altitude: 95 m). O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é Cfa Subtropical úmido sem estação seca definida com verões quentes (MORENO, 1961). O solo representativo do local é um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arênico e pertence à unidade de Mapeamento São Pedro (EMBRAPA, 1999).

A cultivar de batata usada neste estudo foi a Asterix. A escolha desta cultivar foi devido a alta qualidade de tubérculo e potencial de rendimento e da importância para os bataticultores do Brasil. Os tubérculos utilizados eram de alta qualidade fitossanitária e fisiológica, produzidos a partir de mini-tubérculos livres de vírus do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da UFSM. O plantio foi realizado em diferentes épocas para verificar e acompanhar o crescimento e desenvolvimento das plantas nas diferentes condições ambientais de cultivo da batata, incluindo as épocas recomendadas dos cultivos de primavera e outono (BISOGNIN, 1996). Foram realizadas 14 épocas de plantio, sendo 9 no ano de 2003 (21-01; 12-02; 28-02; 27-03; 12-08; 15-09; 15-10; 20-11 e 24-12) e 5 no ano de 2004 (28-01; 27-02; 26-03; 26-04 e 26-08). As adubações de plantio (105kg ha⁻¹ de N; 165 kg ha⁻¹ de P; 135 kg ha⁻¹ de K) e de cobertura (45kg

ha⁻¹ de N) foram realizadas para completar as necessidades da cultura, e seguindo a análise de solo e os tratos culturais realizados conforme as recomendações técnicas para o cultivo da batata (BISOGNIN, 1996).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de plantas de 3,0 m de comprimento, distanciadas 0,75 m entre si e 0,33 m entre plantas. A parcela útil foi as duas linhas centrais. Três plantas em cada uma das linhas da parcela útil foram etiquetadas ao acaso. Foi realizada a contagem do número de folhas na haste principal (NF) das plantas etiquetadas na parcela, duas vezes por semana, desde a emergência até que as plantas cessassem a emissão de folhas. Uma folha foi considerada como visível quando o folíolo apical tinha pelo menos 1 cm de comprimento (CAO & TIBBITTS, 1995).

Os dados de temperatura mínima e máxima diária do ar durante o período experimental foram coletados na Estação Climatológica Principal pertencente ao 8º DISME/INMET, localizada a aproximadamente 200 m da área experimental. A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada pela equação (GILMORE & ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960):

$$\begin{aligned} STd &= (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia,} \\ \text{se } T_{med} < T_b \text{ então } T_{med} &= T_b \end{aligned} \quad (1)$$

onde T_{med} é a temperatura média diária do ar, calculada pela média aritmética entre a temperatura máxima e mínima diária do ar, e T_b é a temperatura base para o desenvolvimento da batata. Neste estudo utilizou-se $T_b = 7^\circ\text{C}$ (SANDS et al., 1979; MANRIQUE & HODGES, 1989).

A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir da emergência foi calculada por:

$$STa = \sum STd \quad (2)$$

Para cada repetição (média de 6 plantas) em cada época de cultivo foi estimada a regressão linear entre o NF e STa de cada parcela. O filocrono para cada repetição foi então estimado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e STa (CAO & TIBBITTS, 1995; KIRBY, 1995; BAKER & REDDY, 2001). Os dados foram

submetidos a análise de variância e as médias de filocrono das diferentes épocas comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

As diferentes épocas de cultivo proporcionaram condições meteorológicas diferentes durante o ciclo da batata, pois envolveram meses de primavera, verão, outono e inverno, quando a temperatura do ar em Santa Maria é bastante distinta (Tabela 1). A exposição a diferentes condições meteorológicas é fundamental nos estudos de avaliação de parâmetros de crescimento e desenvolvimento vegetal, e do uso da soma térmica como medida de tempo biológico em plantas.

Valores elevados de correlação entre NF e STa, com um coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,90 para a maioria das repetições, foram verificadas nas 14 épocas de plantio. Como são 54 equações, apenas um exemplo da relação entre o número de folhas acumuladas na haste principal (NF) e a soma térmica acumulada (STa) na época 8 (plantio em 20-11-2003), repetição 3, é apresentada na Figura 1 a título de ilustração. Essa forte linearidade entre NF e STa indica que a temperatura do ar é um elemento meteorológico responsável pelo aparecimento de folhas em batata, sendo que a estimativa do filocrono pelo método da regressão linear entre NF e STa pode ser considerada uma metodologia apropriada. Neste caso, Figura 1, o coeficiente angular foi de $0,0311 \text{ folha } (^\circ\text{C dia})^{-1}$ e o seu inverso, o valor do filocrono foi de $32,1^\circ\text{C dia folha}^{-1}$.

O filocrono variou em função das épocas de plantio, com um valor médio de $28,8^\circ\text{C dia folha}^{-1}$. O menor valor de filocrono ($22,2^\circ\text{C dia folha}^{-1}$) foi observado na época 13 (plantio em 26-04-2004), e o maior ($35,5^\circ\text{C dia folha}^{-1}$) foi obtido na época 9 (plantio em 24-12-2004). Valores acima de $30^\circ\text{C dia folha}^{-1}$ foram observados nos plantios de março (épocas 4 e 12), e outubro a janeiro (épocas 7, 8, 9 e 10), enquanto que nas outras épocas o filocrono foi abaixo deste valor (Tabela 2). Portanto, altos valores de filocrono foram observados nos plantios realizados com altas temperaturas.

A diferença entre o menor e o maior valor de filocrono da batata entre as épocas, foi de $13,3^\circ\text{C dia folha}^{-1}$. Esta diferença é considerável, pois se na

Tabela 1. Médias de temperatura mínima, máxima e média diária do ar durante o período experimental nas épocas de plantio da batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, 2003-04.

Épocas	Data de plantio	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Média (°C)
1	21-01-2003	19,7	29,2	24,4
2	12-02-2003	18,2	27,5	22,8
3	28-02-2003	17,1	25,9	21,5
4	27-03-2003	16,6	25,6	21,1
5	12-08-2003	13,0	23,8	18,4
6	15-09-2003	14,5	27,5	21,0
7	15-10-2003	17,8	29,1	23,5
8	20-11-2003	17,3	28,0	22,6
9	24-12-2003	17,4	29,9	23,6
10	28-01-2004	17,5	30,6	24,0
11	27-02-2004	17,3	30,0	23,6
12	26-03-2004	13,6	25,1	19,4
13	26-04-2004	9,1	18,2	13,6
14	26-08-2004	12,4	23,1	17,8

Tabela 2. Valores médios de filocrono da batata cv. Asterix, em diferentes épocas de plantio. Santa Maria, RS, 2003-04.

Épocas	Data de plantio	Filocrono (°C.dia/folha)	
1	21-01-2003	28,1	Cde ¹
2	12-02-2003	26,4	de
3	28-02-2003	26,5	de
4	27-03-2003	30,0	bcd
5	12-08-2003	25,9	ef
6	15-09-2003	25,7	ef
7	15-10-2003	30,2	bcd
8	20-11-2003	33,8	ab
9	24-12-2003	35,5	a
10	28-01-2004	30,9	bc
11	27-02-2004	28,7	cde
12	26-03-2004	33,5	ab
13	26-04-2004	22,2	f
14	26-08-2004	25,7	ef
Média		28,8	

¹ Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro

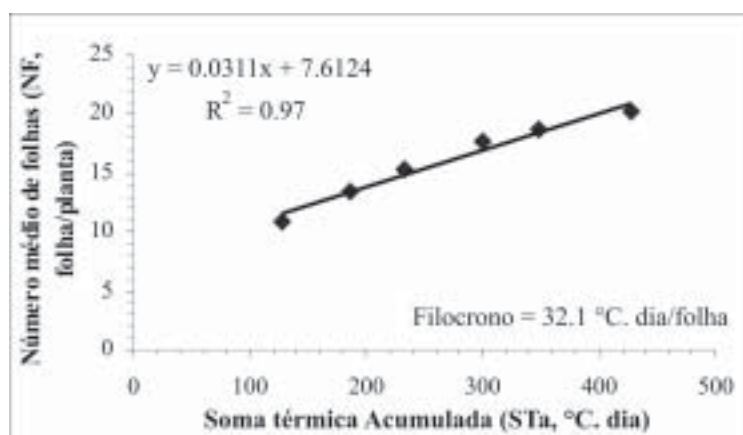


Figura 1. Relação do número médio de folhas na haste principal (NF) e soma térmica acumulada a partir da emergência (STa) utilizada na estimativa do filocrono em batata cv. Asterix. Época 8 (plantio em 20-11-2003), repetição 3.

haste principal desta cultura foram produzidas em torno de 20 folhas e utilizarmos o filocrono para estimar a fase emergência da planta até o aparecimento da última folha, a diferença entre épocas para esta fase chega a 268 °C.dia, o que representa vários dias do calendário civil, especialmente durante períodos de temperaturas amenas (10-20°C). Portanto, estes resultados mostram que o uso da soma térmica como medida de tempo biológico em batata deve ser feito levando-se em conta a época do ano, já que graus-dia para aparecimento de uma folha é variável.

Comparando-se os dados de filocrono deste estudo (22,2 a 35,5 °C dia folha⁻¹) com os valores de 19,2 a 22,8 °C.dia.folha⁻¹ para a cultivar Norlan, relatados por CAO & TIBBITTS (1995), tem-se que os valores encontrados para a cultivar Asterix foram maiores. Diferenças genéticas de filocrono também foram verificadas em meloeiro (BAKER & REDDY, 2001), trigo, cevada e espécies forrageiras (FRANK & BAUER, 1995).

Já diferenças de filocrono para um mesmo genótipo em diferentes épocas de plantio, como as encontrados para batata neste estudo, também foram relatados em outros estudos para meloeiro (BAKER & REDDY, 2001), trigo, cevada e pastagens (FRANK & BAUER, 1995; KIRBY, 1995). Uma das hipóteses para explicar a diferença de filocrono em batata, entre as épocas, é a temperatura do ar

durante o período de emissão de folhas. CAO & TIBBITTS (1995) relataram um filocrono maior quando as plantas foram cultivadas a 22°C de temperatura do ar do que quando cultivadas a 17°C. No presente estudo também houve uma tendência de aumento do filocrono com o aumento da temperatura do ar (Figura 2a). É possível que esta resposta do filocrono à temperatura do ar seja resultado da relação linear entre temperatura do ar e emissão de folhas assumida no cálculo da soma térmica. A resposta do desenvolvimento vegetal à temperatura do ar é não linear (STRECK et al., 2003ab; XUE et al., 2004), de modo que a relação linear da soma térmica pode levar a erros de cálculo, especialmente próximo das temperaturas cardinais (STRECK, 2002).

Uma outra hipótese para explicar as diferenças de filocrono entre as épocas, é que o fotoperíodo influencia o aparecimento de folhas em batata, muito embora não tenham sido encontrados trabalhos que confirmem esse efeito, mas sabe-se que o fotoperíodo afeta o desenvolvimento de vários clones de batata durante a fase vegetativa, a qual vai da emergência até o início da tuberização, período onde ocorre emissão de folhas (LEVY & KEDAR, 1985; MANRIQUE & HODGES, 1989; KOOMAN et al., 1996). No entanto, a fraca relação entre o filocrono e fotoperíodo ($R^2 = 0,19$, Figura 2b) sugere que esta hipótese ainda deve ser confirmada em trabalhos posteriores.

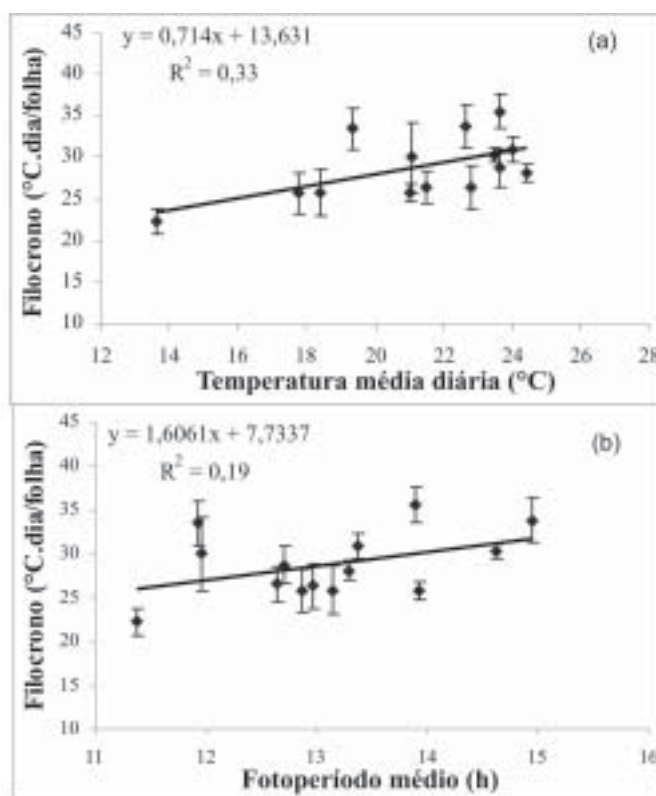


Figura 2. Relação entre filocrono (°C.dia/folha) e temperatura do ar (a) e fotoperíodo (b) médios durante o período de emissão de folhas da batata cv. Asterix. Santa Maria, RS, 2003-04.

A soma térmica é um método atrativo e bastante utilizado para representar tempo biológico em plantas, por ser um método simples de cálculo e geralmente melhora a predição da data de ocorrência de estágios de desenvolvimento em plantas comparado com dias do calendário civil, como por exemplo número de dias após a semeadura ou plantio (GILMORE & ROGERS, 1958; McMASTER & SMIKA, 1988). Apesar destas vantagens, o método está aberto a críticas, como, por exemplo, por ter a pressuposição de uma relação linear entre desenvolvimento e temperatura (SHAYKEWICH, 1995; STRECK, 2002; XUE et al., 2004). Esta pressuposição é adequada apenas para uma faixa de temperatura entre a temperatura base e a temperatura ótima (STRECK, 2002; STRECK et al., 2003a,b). Próximo às temperaturas cardinais, a resposta do desenvolvimento vegetal à temperatura é não linear (STRECK et al., 2003a,b).

Assim, quando o ciclo da cultura ocorre na época recomendada, geralmente as temperaturas se

enquadraram na faixa de resposta linear de desenvolvimento à temperatura, e, neste caso, a soma térmica representa realisticamente o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal. No entanto, quando o cultivo é realizado fora da época recomendada, em que as temperaturas podem se situar com mais frequência próximas da temperatura base ou acima da temperatura ótima de desenvolvimento, a soma térmica não necessariamente será apropriada em todas as situações. Portanto, o uso da soma térmica como medida de tempo no filocrono em batata deve ser feito com cautela quando o cultivo é realizado em condições de temperatura do ar fora da faixa de resposta linear do desenvolvimento à temperatura. Esta limitação do método da soma térmica é importante, também, em estudos numéricos para quantificar a resposta da planta de batata em cenários de mudança climática em que a temperatura do ar é aumentada para simular o efeito do aquecimento de um possível aquecimento global sobre a performance do agroecossistema.

Conclusões

O tempo necessário para o aparecimento de duas folhas sucessivas filocromo na cultivar Asterix de batata é, em média, de 28,8 °C.dia.folha⁻¹ e varia com a época de cultivo ao longo do ano.

Referências Bibliográficas

- ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, Boston, v. 76, n.1, p.682-692, 1960.
- BAKER, J. T.; REDDY, V. R. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. **Annals of Botany**, Oxford, v.7, p.05-613, 2001.
- BISOGNIN, D. A. **Recomendação técnica para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: UFSM, 1996. 64p.
- 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. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília:Embrapa Produções de informações, 1999.412p.
- FAO. **FAOSTAT data - 2005**. Disponível em <http://faostat.fao.org/faostat>. Acesso em 25-07-2005.
- FRANK, A.B.; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, 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, n.10, p.611-615, 1958.
- HERMES, C.C. et al. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.269-275, 2001.
- IBGE, DPE, DEAGRO. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: confronto das safras de 2003 e das estimativas para 2004**. Disponível em: <http://www.IBGE.com.br>. Acesso em: 22-11-2004.
- KIRBY, E.J. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.11-19, 1995.
- KOOMAN, P. L. et al. Effects of climate on different potato genotypes: 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 5, p. 207-217, 1996.
- LEVY, D; KEDAR, N. *Solanum tuberosum*. In: HAVELY, A. H. **CRC Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC, 1985, v. IV, p. 363-366.
- 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**, Mainn, v. 6, 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, n.1, p.1-18, 1988.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.
- RUSSELE, M.P. et al. Growth analysis based on degree days. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p.28-32, 1984.
- 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, n.4, p.309-331, 1979.
- SHAYKEWICH, C. F. An appraisal of cereal crop phenology models. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 75, n. 2, p. 329-341, 1995.
- STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p. 105-111, 2002.
- STRECK, N.A. et al. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, Oxford, v. 92, n. 2, p. 181-190, 2003a.

STRECK, N.A. et al. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: A modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.115, n. 3-4, p.139-150, 2003b.

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**, Oxford, v. 70, n. 1, 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.