

PRODUTIVIDADE DE TUBERCULOS DE BATATA, SIMULADA EM CENÁRIOS DE MUDANÇA CLIMÁTICA.

NEREU AUGUSTO STRECK¹, JOSANA ANDREIA LANGNER², ALENCAR JUNIOR ZANON³

¹Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, PhD, Depto. de Fitotecnia, UFSM/Santa Maria – RS. E-mail:

nstreck2@yahoo.com.br

² Aluno de graduação em Agronomia, Depto de Fitotecnia, UFSM/Santa Maria – RS, Bolsista PIBIC/CNPq/UFSM .

³Engenheiro Agrônomo, Aluno de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia., UFSM/Santa Maria – RS.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi simular através a produtividade de tubérculos de batata em diferentes cenários climáticos de aumento da concentração de dióxido de carbono e da temperatura do ar em Santa Maria, RS, em diferentes datas de plantio, considerando aumento simétrico e assimétrico na temperatura mínima e máxima diárias do ar. Simulou-se a produtividade de tubérculos da cultivar Asterix em duas épocas de cultivo (primavera e outono) e cinco datas de plantio em cada época, em cenários climáticos de cem anos, sem aumento de CO₂ e temperatura (cenário atual) e com aumento de CO₂ (dobro da concentração atual), e aumento de 0°C, +1°C, + 2°C, +3°C, +4°C, +5°C e +6°C. Para o cultivo de primavera, o aumento simétrico na temperatura de +4°C e assimétrico de +5°C é suficiente para anular o efeito benéfico do aumento de CO₂, enquanto que para o cultivo de outono o aumento da temperatura praticamente não afeta a produtividade de tubérculos de batata. A antecipação na data de plantio no cultivo de primavera e o atraso na data de plantio no de outono diminuem o impacto negativo do aumento da temperatura do ar na produtividade de tubérculos de batata.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum tuberosum* L., aquecimento global, concentração de dióxido de carbono.

POTATO TUBER SIMULATING UIELD IN CLIMATE CHANGE SCENARIOS

ABSTRACT: The objective of this study was to simulate potato tuber yield in different climate change scenarios of increased carbon dioxide concentration and air temperature in Santa Maria, RS, Brazil, in different planting dates, considering symmetric and asymmetric increases in minimum and maximum daily air temperatures. Tuber yield of the cultivar Asterix was simulated considering two growing seasons (Fall and Spring) and five planting dates in climate scenarios with hundred years with no increase in CO₂

concentration and temperature (current scenario), and with doubling CO₂ and temperature increase of 0°C, +1°C, + 2°C, +3°C, +4°C, +5°C and +6°C. A symmetric increase of +4°C and an asymmetric increase of +5°C in air temperature offset the beneficial effect of increasing carbon dioxide concentration during Spring, whereas increase in air temperature does not affect potato tuber yield during Fall. Anticipating planting date in Spring and delaying planting date in Fall decrease the negative impact of the increasing air temperature on potato tuber yield grown in *Santa Maria, RS*.

KEY WORDS: *Solanum tuberosum* L., global warming, carbon dioxide concentration.

INTRODUÇÃO: Estudos numéricos com modelos de circulação geral da atmosfera (GCM - General Circulation Models) indicam que é bastante provável que se verifique um aumento de 1,1°C a 6,4°C na temperatura média do ar até o final deste século em vários locais do Planeta (IPCC, 2007). Esse aumento na temperatura do ar deve ocorrer devido ao aumento na concentração de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, que deverá duplicar em algum momento deste século (Streck, 2005; IPCC, 2007). A concentração de CO₂ atmosférico tem influência no desenvolvimento, crescimento e produtividade dos cultivos agrícolas. Se a concentração desse gás aumentar, a taxa de crescimento das plantas poderá aumentar devido ao CO₂ ser o substrato primário para a fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2004). No entanto, se o aumento da concentração de CO₂ for acompanhado do aumento da temperatura do ar, o maior crescimento e produtividade das culturas poderá ser anulado devido ao encurtamento do ciclo (Siqueira et al., 2001) e aumento da respiração e fotorrespiração (Taiz & Zeiger, 2004). Uma das alternativas para evitar o efeito negativo das altas temperaturas, e por consequência, da mudança climática, seria modificar a data de plantio da batata (Hijmans, 2003). O objetivo deste trabalho foi simular através a produtividade de tubérculos de batata em diferentes cenários climáticos de aumento da concentração de dióxido de carbono e da temperatura do ar em Santa Maria, RS, em diferentes datas de plantio, considerando aumento simétrico e assimétrico na temperatura mínima e máxima diárias do ar.

MATERIAL E MÉTODOS: Este estudo numérico foi realizado para as condições de Santa Maria (latitude de 29°43' S; longitude de 53°43' W e altitude de 95 m), localizada na Depressão Central do RS, Brasil, com clima Cfa subtropical úmido sem estação seca definida, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961). Com base nas projeções de aumento de temperatura e concentração de CO₂, dos modelos de circulação geral da atmosfera (GCM - General Circulation Models) foram criados cenários com 100 anos de dados meteorológicos diários de temperatura mínima e máxima do ar com o LARS - WG "weather Generator", desde o cenário sem aumento de CO₂ e temperatura (clima atual) até +6°C (climas futuros) e o dobro de CO₂ considerando aumento simétrico e assimétrico nas temperaturas mínimas e máximas do ar (Tabela 1). A densidade de fluxo de radiação solar global incidente diária foi considerada a mesma em todos os cenários. Para simular o impacto da possível mudança climática na produtividade de tubérculos de batata foi utilizado o modelo de simulação da produtividade proposto por Spitters (1987) calibrado e avaliado para a cultivar Asterix nas condições de Santa Maria, RS, considerando 13 datas de plantio durante os anos 2003 e 2004 (Streck et al., 2006). O modelo de Spitters (1987) simula a produtividade de tubérculos considerando que não há efeito de fatores bióticos como pragas, doenças e plantas daninhas e nem limitação hídrica e nutricional sobre a cultura da batata. De modo geral, o modelo de Spitters (1987) simula a produtividade de

tubérculos de batata a partir da biomassa total e a fração de matéria seca alocada para os tubérculos:

$$Y_t = HI_t \times W_t \quad (1)$$

em que Y_t é a produtividade dos tubérculos de batata (kg ha^{-1}), HI_t é o índice de colheita (fração da matéria seca total alocada para os tubérculos) e W_t é a biomassa total (kg ha^{-1}). O efeito do aumento da concentração de CO_2 sobre o desenvolvimento e crescimento da planta de batata foi considerado no modelo através do aumento na eficiência de uso da radiação (EUR), considerando-se um aumento de 26% na EUR quando a concentração de CO_2 é o dobro da concentração atual, conforme relatado por Schapendonk et al. (1995) para cultivares de batata de ciclo médio, como o é o caso da cultivar Asterix. No modelo de Spitters (1987) foi ainda adicionada uma função de penalização da fotossíntese em resposta à temperatura máxima do ar, pois a EUR diminui linearmente com o aumento da temperatura na faixa entre 25°C e 35°C (Kooman & Haverkort, 1995). Foram consideradas duas épocas de cultivo em cada ano dos cenários: cultivo de primavera ou “safra” (com plantio em 12 de agosto) e cultivo de outono ou “safrinha” (com plantio em 12 de fevereiro). O dia da emergência, considerado como o primeiro dia da simulação, foi 20 dias após o plantio de primavera (01/09) e 10 dias do plantio de outono (22/02) (Streck et al., 2006c). Além dessas duas datas, também foram consideradas duas datas de plantio anteriores e posteriores em cada época de cultivo, de modo que as datas de emergência das plantas ficassem distanciadas sete dias entre si. A análise dos dados foi realizada pelo cálculo dos desvios (diferença entre os cenários com mudança e o cenário atual – cenário 1, Tabela 1) da produtividade de tubérculos de batata em todos os anos em cada cenário climático em todas as datas de plantio e em ambos os cultivos de primavera e outono. Nos cenários de mudança climática o desvio positivo significa aumento de produtividade de tubérculos de batata enquanto o desvio negativo significa redução (Lago et al., 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Quando simulada no cenário atual, a produtividade de tubérculos de batata para as datas de plantio recomendadas para o cultivo de primavera foi superior a de outono, (Figura 1A e 1C), concordando com os resultados observados a campo (Bisognin et al., 2008), indicando que o modelo de Spitters (1987) reproduz o que acontece com a cultura da batata cultivada sob condições atuais na região de estudo. No cenário 2 (apenas com aumento de CO_2), em ambos cultivos, primavera e outono, foi observado efeito positivo do CO_2 na produtividade de tubérculos de batata, quando comparado ao cenário 1 (Figura 1A e 1C). Tal resultado ocorreu devido à maior taxa de crescimento das plantas proporcionada pela maior EUR, o que fisiologicamente era esperado devido o CO_2 ser o substrato primário da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2004). Quando o aumento na concentração de CO_2 foi acompanhado pelo aumento da temperatura do ar, o efeito benéfico da concentração de CO_2 nos cenários 3a, 3b, 4a, 4b e 5b persistiram no cultivo de primavera, enquanto que nos outros cenários deste cultivo o efeito benéfico do aumento do CO_2 foi anulado, pois os desvios são negativos nos cenários 5a, 6, 7 e 8 (Figura 1A e 1B). No cultivo de outono, em todos os cenários com aumento de temperatura o efeito benéfico do aumento do CO_2 foi diminuído (Figura 1C e 1D).

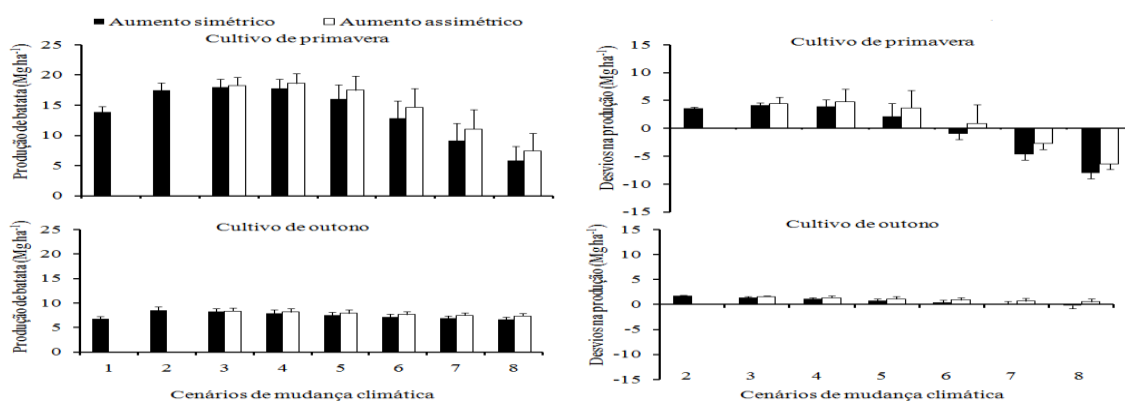


Figura 1. Produtividade (Mg ha^{-1}) e desvios da produtividade de tubérculos de batata (Mg ha^{-1}) em relação ao cenário climático atual (cenário 1 da Tabela 1) nas datas de emergência para os cultivos de primavera – 01/09 (A, B) e outono 22/02 (C, D) em cenários de mudança climática com aumento simétrico e assimétrico nas temperaturas mínima e máxima diárias do ar, Santa Maria, RS. As barras de erro representam um desvio padrão da média de 100 anos da produtividade simulada em cada cenário.

Um dos efeitos das altas temperaturas do ar em relação à temperatura ótima para a realização da fotossíntese, que é de 24°C para a cultura da batata (Timlin et al., 2006), em condições de clima subtropical, é acelerar a duração da fase de tuberização, o que resulta em menor produtividade, pois quanto menor a fase de tuberização, nas condições de cultivo do Brasil, menor a produtividade de tubérculos (Bisognin & Streck, 2009). Os desvios na produtividade nas duas datas de emergência antecipadas, assim como na época recomendada (Figura 1), mostram que o efeito do aumento de CO_2 praticamente não é anulado pelo aumento da temperatura do ar. Diante da redução dos efeitos negativos da mudança por aumento da temperatura do ar climática na produtividade de tubérculos de batata na região de Santa Maria, RS, pode-se inferir que a estratégia de antecipar a data de plantio no cultivo de primavera e atrasar no outono, é válida.

Tabela 1. Cenários climáticos de aumento na concentração de CO_2 e de temperatura do ar com aumento simétrico e assimétrico na temperatura mínima e máxima diária obtidos com o modelo LARS-WG Weather Generator (Semenov et al., 1998), usados no estudo.

Cenários climáticos ⁽¹⁾	Concentração de CO_2 (ppmv)	Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$)
1	380	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
2	760	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
Aumentos simétricos de temperatura				
3a	760	+1,0	+1,0	+1,0
4a	760	+2,0	+2,0	+2,0
5a	760	+3,0	+3,0	+3,0
6a	760	+4,0	+4,0	+4,0
7a	760	+5,0	+5,0	+5,0
8a	760	+6,0	+6,0	+6,0
Aumentos assimétricos de temperatura				
3b	760	+1,2	+0,8	+1,0
4b	760	+2,4	+1,6	+2,0
5b	760	+3,6	+2,4	+3,0
6b	760	+4,8	+3,2	+4,0
7b	760	+6,0	+4,0	+5,0
8b	760	+7,2	+4,8	+6,0

(1) Cenário 1, cenário atual sem mudança. Cenário 2, com o dobro da concentração de CO₂ do cenário 1. Cenários 3 a 8, aumentos simétricos (a) ou assimétricos (b) de temperaturas máximas e mínimas.

CONCLUSÕES: Para o cultivo de primavera, o aumento simétrico na temperatura de +4°C e assimétrico de +5°C é suficiente para anular o efeito benéfico do aumento da concentração de dióxido de carbono. Já para o cultivo de outono, o aumento da temperatura praticamente não afeta a produtividade de tubérculos de batata. A antecipação na data de plantio no cultivo de primavera e o atraso na data de plantio no cultivo de outono diminuem o impacto negativo do aumento da temperatura do ar na produtividade de tubérculos de batata em Santa Maria, RS.

REFERÊNCIAS:

BISOGNIN, D.A.; MULLER, D.R.; STRECK, N.A.; ANDRIOLO, J.L.; SAUSEN, D. Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.699-705, 2008.

BISOGNIN, D.A.; STRECK, N.A. **Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata**. Itapetininga: Associação Brasileira da Batata, 2009. 30p.

HIJMANS, R.J. The Effect of climate change on global potato production. **American Journal of Potato Research**, v.80, p.271-280, 2003. SPITTERS, C.J.T. An analysis of variation in yield among potato cultivars in terms of light absorption, light utilization and dry matter partitioning. **Acta Horticulturae**, v. 214, p.71-84, 1987.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. **Climate change 2007: The physical Science Basis – Contribution of Working Group I to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: University, 2007. 989p.

KOOMAN, P.L.; HAVERKORT, A.J. Modeling development and growth of potato crop influenced by temperature and daylength: LINTUL-POTATO. In: HAVERKORT, A.J.; MacKERRON, D.K.L. **Potato ecology and modeling of crops under conditions of limiting growth**. v. 3. Wageningen: Kluwer Academic Publishers, 1995. p.41-60.

LAGO, I.; STRECK, N.A.; ALBERTO, C.M.; OLIVEIRA, F.B.; de PAULA, G.M. Impact of increasing mean air temperature on the development of rice and red rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1441-1448, 2008.

SCHAPENDONK, A.H.C.M.; POT, C.S.; GOUDRIAAN, J. Simulated effects of elevated carbon dioxide concentration and temperature on the productivity of potato. In: HAVERKORT, A.J.; MacKERRON, D.K.L. **Potato ecology and modeling of crops under conditions of limiting growth**. v.3. Wageningen: Kluwer Academic Publishers, 1995. p.101-114.

STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, p.730-740, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 3ª ed. 2004. 719p.
TIMLIN, D.; LUTFOR RAHMAN, S. M.; BAKER, J.; REDDY, V. R.; FLEISHER, D.; QUEBEDEAUX, B. Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. **Agronomy Journal**, v.98, p.1195-1203, 2006.