

Análise da Sensibilidade da Cultura do Milho às Mudanças Climáticas Empregando Modelos de Simulação: 1 – Resposta às Alterações na Temperatura do Ar.

Priscila Ponciana Gomes da Silva⁽¹⁾; Camilo de Leis Teixeira de Andrade⁽²⁾; Tales Antônio Amaral⁽³⁾; Aline Aparecida de Castro⁽⁴⁾; Talita Coutinho Teixeira⁽⁵⁾; Jéssica Sousa Paixão⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Acadêmica de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del Rei, UFSJ, Bolsista Embrapa; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Eng. Agrícola, PhD Eng. Irrigação/Modelagem; Rod. MG 424 Km 45, CP 151, 35.702-098, Sete Lagoas, MG, e-mail camilo.andrade@embrapa.br; ⁽³⁾ Biólogo, MSc, doutorando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, SPAF, Universidade Federal de Pelotas, UFPEL; ⁽⁴⁾ Acadêmica de Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Sete Lagoas, UNIFEM, Bolsista Embrapa; ⁽⁵⁾ Acadêmica de Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Sete Lagoas, UNIFEM, Bolsista CNPq; ⁽⁶⁾ Acadêmica de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del Rei, UFSJ; Bolsista Fapemig.

RESUMO: No Brasil, a produção média anual do milho é 32,8 milhões de toneladas, cujo potencial produtivo está relacionado com vários fatores abióticos. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da variação da temperatura do ar e de estratégias de manejo cultural na produtividade do milho. Empregou-se o modelo de simulação CSM-CERES-Maize, previamente calibrado, para simular cenários de alterações nas temperaturas mínimas e máximas do ar. Valores diários foram alterados em -3, 0, +3, +6, +9°C. Como medidas mitigadoras simularam-se cenários de utilização de palhada e cultivares de milho com diferentes profundidades de sistema radicular. O aumento das temperaturas mínima e máxima do ar causou redução no comprimento do ciclo, aumento da evapotranspiração média diária e redução do índice de área foliar máximo da cultura. Porém, o incremento de 0,20 m profundidade do sistema radicular pode mitigar o efeito, na produtividade do milho, do aumento de até 3°C na temperatura do ar.

Termos de indexação: Mudanças climáticas, DSSAT, Zea Mays L.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho é um dos principais cereais cultivados, com uma produção anual média de 32,8 milhões de toneladas (IBGE, 2014). A produtividade da cultura de milho depende diretamente da relação intrínseca estabelecida entre a planta e o ambiente físico em que ela se encontra com ênfase para a temperatura, luz, ventos e disponibilidade hídrica (Palhares, 2003). Há evidências de que, com as mudanças climáticas globais, a temperatura do ar tenda a aumentar, podendo afetar a produtividade do milho. A fenologia e a duração das fases de desenvolvimento da cultura são influenciadas pelo regime térmico (Bannayan et al., 2004).

Dentre as estratégias de mitigação dos efeitos do aquecimento do ar no desempenho da cultura do milho podem-se empregar práticas de manejo, como o plantio direto, que propicia a cobertura do solo, reduzindo, assim, a perda de água por evaporação e o desenvolvimento de cultivares com sistema radicular mais profundo ou mais denso, entre outras. A cobertura do solo é um fator determinante da produtividade (Argenta et al., 2001), pois a mesma afeta a interceptação da radiação solar pelo solo, amenizando a amplitude térmica. Richter et al. (1990) observou que o plantio direto aumenta a produção de raízes das culturas.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência na produtividade do milho da variação da temperatura do ar e de estratégias mitigadoras, como a manutenção de palhada na superfície do solo e o uso de cultivares com sistema radicular mais profundo.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo de simulação, baseado em processo, CSM-CERES-Maize, do sistema DSSAT (Hoogenboom et al., 2013), previamente calibrado para a cultivar BRS 1030 (Santana et al., 2010) foi utilizado para simular cenários do efeito do aumento da temperatura máxima e mínima do ar e de medidas mitigadoras, como a manutenção de palhada na superfície do solo e o uso de cultivares com diferentes profundidades de sistema radicular, na produtividade do milho. Assumiu-se que a cultivar BRS 1030 foi semeada, em regime de sequeiro, em Sete Lagoas, MG, em 24 de outubro de 2009, com uma população de 67 mil plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,80 m. A adubação consistiu de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16 (N-P-K) aplicados no plantio, 300 kg ha⁻¹, da fórmula 20-2-20 (N-P-K), em cobertura, aos 20 dias após a semeadura (DAS), e 250 kg ha⁻¹ de ureia, aos 28 DAS. O modelo foi programado para simular

alterações simultâneas nas temperaturas mínimas e máximas do ar de -3, 0, +3, +6, +9°C. Combinaram-se estes tratamentos simulados com o uso de 0, 2 t ha⁻¹ e 4 t ha⁻¹ de matéria seca de palhada de braquiária contendo, em média, 1% de nitrogênio e 2 t ha⁻¹ da raiz morta no solo. Combinações foram realizadas também com cultivares de milho com sistema radicular concentrado predominantemente nas camadas 0-0,30 m; 0-0,50 m e 0-0,70 m. Os resultados das simulações, em termos de comprimento do ciclo, produtividade de grãos, índice de área foliar e evapotranspiração foram comparados tomando-se como base os valores obtidos para o tratamento correspondente a uma cultivar com sistema radicular de 0,50 m, 2 t kg ha⁻¹ de palhada na superfície e as condições de temperatura de outubro de 2009.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal característica da cultura do milho, afetada por alterações na temperatura do ar, é o comprimento do ciclo (Figura 1). Observou-se uma redução quase que linear no comprimento do ciclo, como consequência do aumento das temperaturas mínima e máxima do ar, em relação ao observado em outubro de 2009, corroborando as observações de Tollenaar et al. (1979).

Analisando-se o efeito da alteração das temperaturas mínima e máxima do ar no desenvolvimento e crescimento da cultura, independente do comprimento do sistema radicular e, ou da quantidade de palhada na superfície, nota-se que o desvio da temperatura, em relação à observada em 2009, tanto para cima, quanto para baixo tendeu a reduzir o índice de área foliar máximo (IAFmax) da cultura (Figura 2). O aumento da temperatura do ar acima de 3°C causou considerável redução do IAFmax. Segundo Tollenaar et al. (1979), a relação entre a temperatura e o desenvolvimento da cultura segue uma função linear e há um efeito direto da temperatura no aparecimento e no número total de folhas.

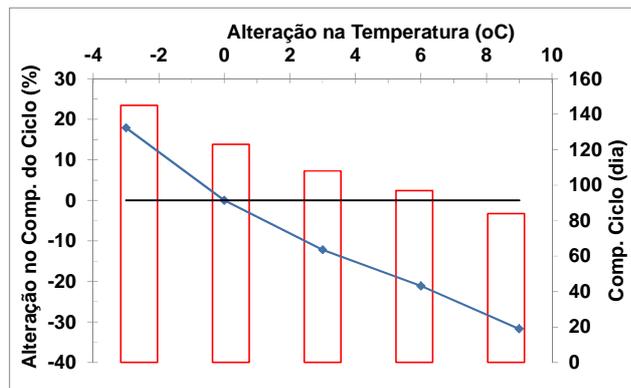


Figura 1. Comprimento do ciclo e porcentagem de variação no comprimento do ciclo da cultura do milho

em função de alterações na temperatura mínima e máxima do ar.

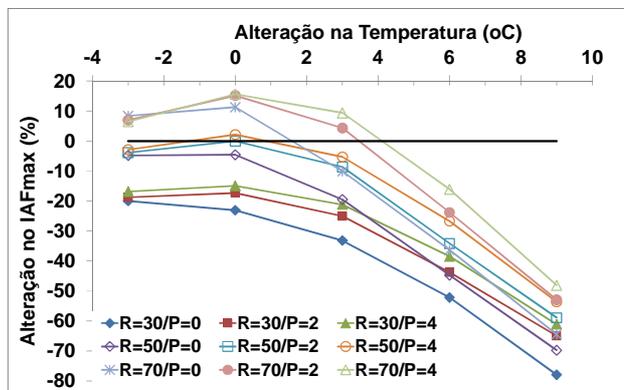


Figura 2. Variação no índice de área foliar máximo da cultura do milho em função de alterações nas temperaturas mínima e máxima do ar, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

O aumento das temperaturas mínima e máxima do ar em até 6°C causou um incremento na evapotranspiração média diária da cultura (ET_{cméd}) (Figura 3). Incrementos acima deste valor proporcionaram reduções na ET_{cméd}, possivelmente devido à redução drástica no índice de área foliar e ao fechamento de estômatos, decorrente do estresse hídrico.

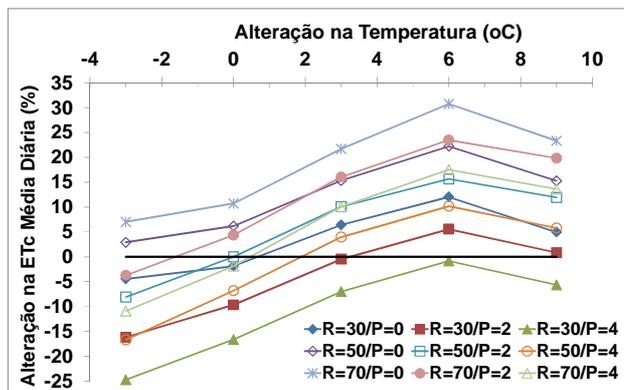


Figura 3. Variação na taxa de evapotranspiração média diária da cultura do milho em função de alterações nas temperaturas mínima e máxima do ar, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

Considerando a produtividade de grãos, observa-se que as alterações na temperatura do ar proporcionaram variações consideráveis (Figura 4). A redução da temperatura, em relação a outubro de 2009, pode, em algumas circunstâncias, provocar aumentos de mais de 50% na produtividade de grãos.

Analisando-se os efeitos das medidas mitigadoras (palhada na superfície e cultivar com diferentes profundidades do sistema radicular), nota-se que, para as condições de clima de outubro de 2009, o uso de uma cultivar com sistema radicular de 0,70 m de profundidade, em comparação com 0,50 m, proporciona um aumento de até 15% no IAFmax. Em contrapartida, um sistema radicular mais raso, que pode ocorrer quando não se corrige o solo adequadamente e, ou a cultivar não é tolerante à toxidez de alumínio, provoca reduções no IAFmax de até 23%, sobretudo se o solo estiver sem palhada.

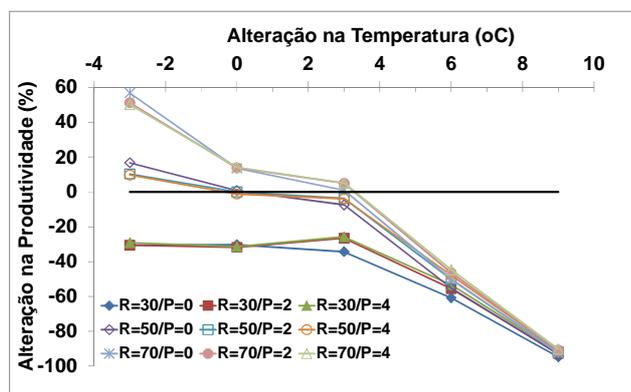


Figura 4. Variação da produtividade de grãos da cultura do milho em função de alterações nas temperaturas mínima e máxima do ar, profundidade do sistema radicular e quantidade de palhada na superfície do solo.

O efeito das diferentes doses de palhada disposta na superfície do solo no IAFmax fica mais evidente para condições de temperatura do ar mais elevadas ou sistema radicular mais raso (Figura 2).

Para um sistema de produção típico, com uma cultivar cujo sistema radicular está predominantemente ocupando a camada 0-0,50 m do perfil do solo e a superfície do solo contendo 2 t ha⁻¹ de palhada de braquiária, para um cenário de 6 °C de aumento na temperatura do ar, a ETmed pode aumentar até 16%. Quando se considera a produtividade de grãos, nota-se que o efeito da profundidade do sistema radicular da cultura é consideravelmente mais importante que o efeito da palhada na superfície do solo, especialmente para cenários de temperatura do ar menores (Figura 4). Para o cenário climático de outubro de 2009, observa-se que uma cultivar com sistema radicular de apenas 0,30 m pode produzir até 30% a menos em comparação com outra com sistema radicular 0,20 m mais profundo, considerado padrão neste estudo. Um aumento de 0,20 m na profundidade do sistema radicular, em relação aos 0,50 m pode aumentar em até 14% a produtividade da cultura e mitigar com folga o efeito de 3°C de aumento na temperatura do ar. Entretanto, para aumentos da temperatura do ar além de 3°C, reduções da ordem de 50% na produtividade podem ser

experimentados e dificilmente poderão ser mitigados pelo uso isolado destas duas estratégias de manejo avaliadas.

CONCLUSÕES

Considerando a semeadura de sequeiro em 24 de outubro de 2009, em Sete Lagoas, MG, o aumento das temperaturas mínima e máxima do ar causa uma redução praticamente linear do comprimento do ciclo da cultura do milho, redução do índice de área foliar máximo e aumento da taxa de evapotranspiração média diária da cultura.

O incremento de 0,50 m para 0,70 m no comprimento do sistema radicular da cultura do milho tem potencial para ser mais eficiente que o uso de palhada na superfície do solo e pode mitigar com folga o efeito do aumento de até 3°C na temperatura do ar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG e à EMBRAPA pelos recursos financeiros destinados à apresentação do artigo no congresso e à bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho : análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31,n.6,p.1075-1084,2001.
- BANNAYAN, M.; HOOGENBOOM, G.; CROUT, N.M.J. Photothermal impact on maize performance: a simulation approach. **Ecological Modelling**, v. 180, p.277_ 290, 2004.
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; BOOTE, K. J.; HUNT, L. A.; SINGH, U.; LIZASO, J. L.; WHITE, J. W.; URYASEV, O.; ROYCE, F. S.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; TSUJI, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer**: version 4.5.1.013. Honolulu: University of Hawaii, 2013. 1 CD-ROM.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Disponível em saladeimpressa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1¬icia=2561. Acesso em 09 de maio de 2014.
- PALHARES, M. Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho. 90 p., Piracicaba, 2003, Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- RICHTER, D. D.; BABBAR, L. I.; HUSTON, M. A.; JAEGER, M. Effects of annual tillage on organic carbon in a fine-textured udalf: the importance of root dynamics to soil carbon storage. **Soil Science**, Baltimore, v. 149, n. 2, p. 78- 83, Feb. 1990.



XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global"

2014 - Salvador/BA

SANTANA, C. B.; ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F.; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. Parametrização do modelo Ceres-Maize para cultivares de milho. In: I **Seminário de Iniciação Científica PIBIC/BIC Júnior**, 2010, Sete Lagoas.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B.; HUNTER, R.B. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. **Crop Science**, Madison, v. 19. p.363-366,1979.



XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global"