

Alterações nas características fisiológicas da cana-de-açúcar causadas por trinexapac-ethyl

Autieres T. Faria¹, Alexandre F. da Silva², Evander A. Ferreira³,
Paulo R. R. Rocha⁴, Daniel V. Silva¹, Antonio A. da Silva¹ & Siumar P. Tironi⁵

¹ Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Avenida PH Rolfs, s/n, Centro, CEP 36571-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: autieresteixeira@yahoo.com.br; danielvaladaos@yahoo.com.br; aasilva@gmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Km 65 Rod. MG 424, CEP 35701-970, Sete Lagoas-MG, Brasil. Caixa Postal 151. E-mail: alexandre.ferreira@embrapa.br

³ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Rodovia MG 367, n. 5000, Alto da Jacuba, CEP 39100-000, Diamantina-MG, Brasil. E-mail: evanderlves@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Roraima, Centro de Ciências Agrárias, Campus do Cauamé, BR 174 Km 12, Monte Cristo, CEP 69304-000, Boa Vista-RR, Brasil. E-mail: pauloagro01@yahoo.com.br

⁵ Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó, Avenida Fernando Machado, 108 E, Centro, CEP 89802-112, Chapecó-SC, Brasil. E-mail: siumar.tironi@gmail.com

RESUMO

A utilização de reguladores vegetais tem sido realizada com frequência, especialmente em canaviais das grandes usinas de álcool ou açúcar do Brasil devido à necessidade de antecipação da colheita e otimização do planejamento agrícola. Todavia, aplicações incorretas desses produtos podem afetar negativamente os processos fisiológicos da planta resultando no insucesso desta tecnologia. Nesta pesquisa foram avaliados os efeitos de aplicações do trinexapac-ethyl, em diferentes épocas sobre as características fisiológicas da cana-de-açúcar visando melhorar o manejo desta cultura. Os tratamentos avaliados foram dispostos em blocos casualizados, em arranjo fatorial (3 x 2 + 2) com quatro repetições. O fator A correspondeu às épocas de aplicação do regulador vegetal (120, 200 e 240 dias após a brotação das gemas (DAB) da cana-de-açúcar) e o fator B o número de aplicações (uma ou duas aplicações). Além disto, foram adicionadas duas testemunhas (uma com três aplicações e outra sem aplicação do regulador). O modo de aplicação do trinexapac-ethyl (número e épocas de aplicação) afetou, de maneira diferente, as características fisiológicas das plantas de cana-de-açúcar. A aplicação única aos 120 DAB e sequencial aos 120, 200 e 240 DAB aumentou o consumo de CO₂, a condutância estomática, a taxa transpiratória e a taxa fotossintética. Concluiu-se, então, que a aplicação do trinexapac-ethyl poderá resultar em benefício agrônomo à cultura da cana-de-açúcar, pois, quando aplicado aos 120 ou de forma sequencial aos 120, 200 e 240 DAB, promove incrementos positivos nas variáveis componentes do processo da fotossíntese que pode resultar em melhor desenvolvimento e crescimento da cultura.

Palavras-chave: fotossíntese, reguladores vegetais, transpiração

Changes in physiological characteristics of sugarcane caused by trinexapac-ethyl

ABSTRACT

The use of plant growth regulators has been performed frequently, especially in the large sugarcane or sugar alcohol plants in Brazil, due to the need for early harvest and optimization of agricultural planning. However, incorrect applications of these products may adversely affect the physiological processes of the plant resulting in the failure of this technology. This research evaluated the effects of trinexapac-ethyl applications in different seasons on the physiological characteristics of sugarcane to improve the management of this crop. The treatments were arranged in a randomized block factorial design (3 x 2 + 2), with four replications. The factor A corresponded to times of application of plant growth regulator (120, 200 and 240 days after budburst (DAB) of sugarcane) and factor B the number of applications (one or two applications). In addition, two controls (one with three applications and other without application of the regulator) were added. The mode of application of trinexapac-ethyl (number and time of application) affected differently the physiological characteristics of sugarcane plants. The one at 120 DAB and sequentially at 120, 200 and 240 DAB application increased the consumption of CO₂, stomatal conductance, transpiration rate and photosynthetic rate. It was concluded that the application of trinexapac-ethyl may result in agronomic benefit to sugarcane growth, because when applied to 120 or sequentially at 120, 200 and 240 DAB promotes increments in the variable component of the process of photosynthesis which can result in better development and growth of crops.

Key words: photosynthesis, growth regulator, transpiration

Introdução

A cana-de-açúcar se destaca entre as principais espécies cultivadas no Brasil ocupando área de 8,0 milhões de hectares, com produtividade média de 77 t ha⁻¹ (Conab, 2011). A utilização de reguladores vegetais nesta cultura tem sido prática realizada com frequência pelos produtores, especialmente nas grandes usinas de álcool ou açúcar, face à necessidade de antecipação da colheita e da otimização do planejamento agrícola. Para outras culturas, como o arroz e o trigo, os reguladores vegetais são empregados com a finalidade de reduzir a altura das plantas permitindo maior nível de adubação sem o acamamento das plantas e maior produtividade de grãos (Nascimento et al., 2009; Espindula et al., 2010).

Os reguladores vegetais são compostos sintéticos aplicados em plantas visando à expressão de efeitos relacionados com a promoção, o retardamento ou a inibição do crescimento vegetativo sem diminuição da produtividade (Rademacher, 2000). Esses compostos podem interferir na morfofisiologia das plantas e nas características relacionadas à anatomia de órgãos vegetais (Taiz & Zeiger, 2009).

Na cana-de-açúcar o final do processo de maturação representa o estágio de desenvolvimento em que a cultura apresenta a melhor produtividade quali-quantitativa de açúcares, ou seja, se a colheita for feita neste estágio o resultado econômico será maximizado (Santos & Borém, 2013). Muitas vezes os reguladores têm, como finalidade, aumentar o período ideal de colheita da cana-de-açúcar.

Dentre os reguladores vegetais o trinexapac-ethyl tem demonstrado efeitos em diversas espécies pertencentes à família das Poaceae (Fialho et al., 2009). Este produto interfere na inibição da enzima 3β-hidroxiase, reduzindo o ácido giberélico ativo (GA₁) e aumentando seu precursor biossintético imediato GA₂₀, ocasionando redução da alongação celular das plantas durante o estágio vegetativo (Heckman et al., 2002). Os reguladores de crescimento são absorvidos pelas plantas, predominantemente pelas folhas e gemas terminais podendo, todavia, ser absorvidos pelo sistema radicular (Fialho et al., 2009).

Na cana-de-açúcar o trinexapac-ethyl é utilizado, no final de safra, para promover incrementos no teor de sacarose nos entrenós, antecipar a maturação e aumentar a produtividade de açúcar (Castro, 1999). Acredita-se que a utilização dos reguladores ao longo do ciclo da cultura cana-de-açúcar possa ser uma alternativa para obtenção de plantas com estatura menor, com o menor comprimento dos entrenós, o que reduz problemas do acamamento comum em algumas cultivares cultivada em solos de alta fertilidade (Castro, 1999).

Na busca de alternativas para melhorar o rendimento econômico da cana-de-açúcar, realizou-se este trabalho, que teve como objetivo avaliar os efeitos de aplicações do trinexapac-ethyl, em diferentes épocas, sobre as características fisiológicas da cana-de-açúcar.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em ambiente aberto sendo as unidades experimentais constituídas de caixas de polietileno

contendo 150 dm³ de substrato (solo + fertilizantes). Como substrato foi utilizado um Latossolo Vermelho Amarelo, previamente corrigido e adubado de acordo com suas características físicas e químicas: pH em água de 4,3; MO=2,5 dag kg⁻¹; P=1,5 mg dm⁻³; K=40 mg dm⁻³; Al³⁺=0,5 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺=1,3 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺=0,2 cmol_c dm⁻³; CTC(t)=2,1 cmol_c dm⁻³; CTC(T)=6,39 cmol_c dm⁻³; H+Al=4,79 cmol_c dm⁻³; SB=1,6 cmol_c dm⁻³; V=25% e Argila=38%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, arranjado em esquema fatorial (3 x 2 + 2), com quatro repetições. O fator A correspondeu às épocas de aplicação do regulador vegetal (120, 200 e 240 dias após a brotação das gemas da cana-de-açúcar (DAB) e o fator B, ao número de aplicações (1 e 2). Além disto, foram adicionadas duas testemunhas (uma com três aplicações e outra sem aplicação do regulador). As aplicações únicas foram efetuadas aos 120, 200 e 240 DAB da cultura e as aplicações sequenciais aos 120 e 200 DAB, 200 e 240 DAB e 120 e 240 DAB (Tabela 1).

Tabela 1. Épocas de aplicações do trinexapac-ethyl em plantas de cana-de-açúcar cultivar RB867515

Tratamentos	Épocas de aplicação do trinexapac-ethyl		
Aplicação Única 1	120 DAB ¹	-----	-----
Aplicação Única 2	-----	200 DAB	-----
Aplicação Única 3	-----	-----	240 DAB
Aplicação Sequencial 1	120 DAB	200 DAB	-----
Aplicação Sequencial 2	-----	200 DAB	240 DAB
Aplicação Sequencial 3	120 DAB	-----	240 DAB
Testemunha 1	120 DAB	200 DAB	240 DAB
Testemunha 2	-----	-----	-----

¹ DAB – Dias após a brotação das gemas da cana-de-açúcar

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 867515, sendo plantadas quatro gemas por vaso. Aos 15 DAB foi realizado o desbaste deixando-se três brotações (plantas) por unidade experimental. A aplicação do regulador de crescimento, trinexapac-ethyl na dose de 1,0 L ha⁻¹ do produto comercial Moddus[®], foi realizado utilizando-se um pulverizador costal pressurizado por gás carbônico equipado com barra contendo uma ponta de pulverização da série TTI 110.02, calibrado para aspergir o equivalente a 150 L ha⁻¹ de calda. A ponta de pulverização foi mantida, aproximadamente, 50 cm do alvo.

As análises fisiológicas foram realizadas aos 30 dias após a última aplicação do trinexapac-ethyl (270 DAB). Avaliaram-se o CO₂ consumido (ΔC-μmol mol⁻¹), a concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (Ci-μmol mol⁻¹), a condutância estomática de vapores de água (Gs - mol m⁻¹ s⁻¹), a taxa de transpiração (E - mol H₂O m⁻² s⁻¹) e a taxa fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹). As avaliações foram realizadas no terço médio da primeira folha completamente expandida em três plantas por parcela, entre 8 e 10 horas da manhã, de forma a manter as condições ambientais homogêneas durante a avaliação de cada bloco. Para aferição das variáveis fisiológicas utilizou-se analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F foi significativo aplicou-se o teste de Tukey para avaliar o efeito do regulador vegetal nas características avaliadas. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Observou-se comportamento diferenciado para o gradiente de CO_2 (ΔC) (que representa a diferença entre a concentração do CO_2 atmosférico e a do CO_2 no interior da folha das plantas de cana-de-açúcar) de acordo com o número de aplicações do trinexapac-ethyl (aplicações únicas ou sequenciais). A aplicação única deste regulador de crescimento, realizada aos 120 dias após a emergência da cultura (DAB) proporcionou maior ΔC em relação às demais épocas. Nas aplicações sequenciais deste produto, o tratamento que resultou em maior incorporação de CO_2 foi aquele aplicado aos 120 e 200 DAB. Dentro das épocas de aplicação foram verificadas diferenças entre uma e duas aplicações do trinexapac-ethyl para as segunda e terceira épocas. Maiores valores de ΔC foram observados na segunda época de avaliação. Observou-se, também, que três aplicações do produto resultaram em maior consumo de CO_2 pelas plantas quando comparadas com o tratamento sem aplicação do regulador de crescimento (Tabela 2).

Tabela 2. CO_2 consumido (ΔC - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) da região do limbo foliar plantas de cana-de-açúcar cultivar RB86 7515 submetidas à aplicação de trinexapac-ethyl em três épocas em aplicação única ou sequencial

Aplicação única		Aplicação sequencial	
DAB ¹	Média	DAB	Média
120	50,26 a A ²	120 e 200	48,55 ab A
200	37,20 b B	200 e 240	59,90 a A
240	36,45 b B	120 e 240	42,71 b A
Três aplicações		57,42 a	
Sem aplicação		34,10 b	
CV (%)		18,21	

¹ Dias após a brotação. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao CO_2 interno (C_i) observou-se, com uma aplicação do regulador de crescimento, que não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 3). No entanto, quando as plantas de cana-de-açúcar receberam duas aplicações do produto, constatou-se redução do C_i para a segunda época (aplicação do produto aos 200 e 240 DAB). Com relação ao número de aplicações observou-se diferença apenas para a segunda época, quando uma aplicação demonstrou valor superior. A variável C_i apresenta relação inversa com ΔC , assim, quanto maior o consumo de CO_2 menor a concentração de CO_2 na câmara estomática.

Com uma aplicação do trinexapac-ethyl observou-se redução da taxa transpiratória (E) para a terceira época de aplicação (240 DAB) comparada com as demais épocas

Tabela 3. CO_2 interno (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) da região do limbo foliar plantas de cana-de-açúcar cultivar RB86 7515 submetidas à aplicação do trinexapac-ethyl em aplicação única ou sequencial

Aplicação única		Aplicação sequencial	
DAB ¹	Média	DAB	Média
120	263,23 a A ²	120 e 200	261,38 aA
200	258,30 a A	200 e 240	183,55 b B
240	261,30 a A	120 e 240	274,02 aA
Três aplicações		153,23 b	
Sem aplicação		186,28 a	
CV (%)		8,49	

¹ Dias após a brotação. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

(Tabela 4). Com relação aos resultados referentes às aplicações sequenciais do produto, verificou-se decréscimo da E na última época avaliada (aplicação aos 120 e 140 DAB). Ao avaliar a E dentro de cada época, constatou-se que a segunda e a terceira épocas nas aplicações sequenciais do produto provocaram acréscimo da E, sendo que três aplicações ocasionaram aumento da E em relação à testemunha sem o regulador de crescimento.

Tabela 4. Taxa transpiratória (E - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) da região do limbo foliar das plantas de cana-de-açúcar cultivar RB86 7515 submetidas à aplicação do trinexapac-ethyl em três épocas, em aplicação única ou sequencial

Aplicação única		Aplicação sequencial	
DAB ¹	Média	DAB	Média
120	3,80 a A ²	120 e 200	3,63 ab A
200	3,35 a B	200 e 240	4,20 a A
240	2,23 b B	120 e 240	3,15 b A
Três aplicações		3,77 a	
Sem aplicação		2,09 b	
CV (%)		18,00	

¹ Dias após a brotação. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Uma aplicação do produto comercial aos 120 DAB promoveu acréscimo da condutância estomática (G_s) em relação às demais épocas (Tabela 5). Considerando que a G_s está relacionada ao fechamento estomático que influencia a redução da transpiração, ou seja, quanto menor a G_s , menor também será a E. A G_s é responsável pelo fluxo de entrada de CO_2 e saída de água pelo estômato; quanto menor sua abertura maior a resistência estomática e, em contrapartida, a diminuição da transpiração (Taiz & Zeiger, 2009).

As aplicações sequenciais do trinexapac-ethyl promoveram aumento da G_s na primeira época (120 e 200 DAB) em relação às demais (Tabela 5). No que se refere ao número de aplicações, notou-se diferença apenas para a terceira época, quando aplicações sequenciais promoveram acréscimo da G_s . Em relação às testemunhas adicionais, constatou-se que as parcelas que receberam três aplicações do produto apresentaram maior G_s frente à testemunha sem o produto.

A condutância foliar é composta, em pequena parte, pela condutância cuticular da epiderme e, quando os estômatos estão abertos pela G_s , que é controlada pelas células-guarda dos estômatos. Assim, a G_s é proporcional ao número e ao tamanho dos estômatos e diâmetro da abertura do estômato, características que dependem também de fatores endógenos e ambientais (Brodribb & Holbrook, 2003). A água só é perdida

Tabela 5. Condutância estomática (G_s - $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) da região do limbo foliar de plantas de cana-de-açúcar cultivar RB86 7515 submetidas à aplicação do trinexapac-ethyl em três épocas, em aplicação única ou sequencial

Aplicação única		Aplicação sequencial	
DAB ¹	Média	DAB	Média
120	0,71 a A ²	120 e 200	0,82 a A
200	0,37 b A	200 e 240	0,41 b A
240	0,14 c B	120 e 240	0,24 b A
Três aplicações		0,87 a	
Sem aplicação		0,36 b	
CV (%)		29,20	

¹ Dias após a brotação. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

por transpiração enquanto os estômatos estão abertos. O controle da abertura e o fechamento dos estômatos dependem de uma série de fatores, como radiação solar, nível de CO₂ no mesófilo, umidade relativa (déficit de pressão de vapor do ar), potencial hídrico e outros de menor magnitude, como vento, substâncias de crescimento e ritmos endógenos próprios de cada espécie.

No que se refere à taxa fotossintética (A) verificou-se, para a primeira época (120 DAB em aplicação única do produto) maior valor desta variável em relação às demais (Tabela 6). No entanto, quando o trinexapac-ethyl foi aplicado de forma sequencial, observou-se maior A na terceira época de aplicação (120 e 240 DAB). A aplicação do produto pode levar a modificações da anatomia foliar, como o incremento do parênquima clorofiliano o que ocasiona aumento da taxa fotossintética. As principais alterações desses produtos incluem: redução do consumo de água, retardo da senescência, aumento da resistência aos estresses ambientais e incremento da concentração de clorofila nas folhas (Davies, 1987; Grossmann, 1990). Fialho et al. (2009) concluíram que o trinexapac-ethyl promoveu alterações marcantes na morfologia e na anatomia da folha e do caule de *B. brizantha*. As plantas submetidas ao tratamento com o regulador de crescimento apresentaram paralização do crescimento, menor comprimento da folha, da bainha e do entrenó. Os mesmos autores observaram, ainda, alterações nas características anatômicas com o aumento da espessura da lâmina foliar, da área das células da bainha e da área do mesófilo da *B. brizantha*.

Ao comparar o número de aplicações dentro de cada época, verificou-se diferença apenas para a terceira época, quando duas aplicações provocaram acréscimo de A (Tabela 6). Três aplicações do produto aumentaram a A em comparação com a ausência da aplicação do trinexapac-ethyl. Bogiani & Rosolem (2011) não observaram alteração da fotossíntese pela aplicação foliar de cloreto de mepiquat, regulador vegetal pertencente ao grupo dos inibidores da giberelina, bem como diferença de resposta entre as cultivares de algodoeiro avaliadas.

Ressalta-se que as avaliações fisiológicas foram realizadas 30 dias após a última aplicação do regulador de crescimento, ou seja, 150 dias após a primeira aplicação e 70 dias após a segunda aplicação. Conforme já relatado, aplicações do regulador vegetal realizadas mais cedo (120 DAB) parecem ser benéficas para a melhoria da atividade fisiológica das plantas de cana-de-açúcar visto que os maiores incrementos relacionados ao consumo de CO₂, condutância estomática, taxa transpiratória e fotossintéticas, foram observados na

Tabela 6. Taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) da região do limbo foliar, plantas de cana-de-açúcar cultivar RB86 7515 submetidas à aplicação do trinexapac-ethyl em três épocas em aplicação única ou sequencial

Aplicação única		Aplicação sequencial	
DAB ¹	Média	DAB	Média
120	17,29 a A ²	120 e 200	17,79 b A
200	15,55 ab A	200 e 240	17,95 b A
240	12,42 b B	120 e 240	23,27 a A
Três aplicações		23,35 a	
Sem aplicação		13,42 b	
CV (%)		22,32	

¹ Dias após a brotação. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

primeira época de avaliação (120 DAB) para a aplicação única e quando realizadas em duas aplicações, maiores acréscimos estão relacionados à primeira (120 e 200 DAB) e à segunda época de aplicação (120 e 240 DAB). O trinexapac-ethyl reduz drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA1) por inibir a enzima 3E-hidroxilase (Nakayama et al., 1990), e assim, aumenta acentuadamente seu precursor biossintético imediato, o GA20. A diminuição do nível do ácido giberélico ativo (GA1) pode ser a provável causa da redução do crescimento das plantas.

Ao se comparar as testemunhas adicionais observou-se incremento da maioria das variáveis fisiológicas com o trinexapac-ethyl comprovando o efeito benéfico do produto. Essas alterações positivas promovidas pelo trinexapac-ethyl, sobretudo o aumento das taxas fotossintéticas, podem favorecer o aumento da taxa de crescimento e, conseqüentemente, a produção da cultura.

Conclusões

A aplicação do trinexapac-ethyl afeta o CO₂ consumido, a concentração de CO₂ interno, a taxa transpiratória, a condutância estomática e a taxa fotossintética da cana-de-açúcar. A magnitude dessas alterações depende da época e do número de aplicações. Quando aplicado aos 120 ou de forma sequencial aos 120, 200 e 240 DAB, o trinexapac-ethyl promove incrementos positivos nas variáveis componentes do processo da fotossíntese o que pode resultar em melhor desenvolvimento e crescimento da cultura.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e as bolsas concedidas.

Literatura Citada

- Bogiani, J. C.; Rosolem, C. Resposta de crescimento, matéria seca e fotossíntese do algodoeiro pelo uso de cloreto de mepiquat. *Revista brasileira de oleaginosas e fibrosas*, v.15, n.1, p.9-16, 2011. <<http://www.cnpa.embrapa.br/ojs/index.php/RBOF/article/view/6/5>>. 20 Jul. 2013.
- Brodribb, T. J.; Holbrook, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. *Plant Physiology*, v.132, n.4, p.2166-2173, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1104/pp.103.023879>>.
- Castro, P. R. C. Maturadores químicos em cana-de-açúcar. *Saccharum*, v.1, n.1, p.12-16, 1999.
- Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento agosto/2011. Brasília: Conab, 2011. 19p. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_08_30_13_41_19_boletim_cana_portugues_-_agosto_2011_2o_lev..pdf>. 05 Ago. 2013.

- Davies, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: Davies, P. J. (Ed.). Plant hormones and their role in plant growth and development. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. p.1-11.
- Espindula, M. C.; Rocha, V. S.; Souza, L. T.; Souza, M. A.; Grossi, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.32, n.1, p.109-116, 2010. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.943>>.
- Fialho, C. M. T.; Ferreira, E. A.; Meira, R. A. S.; Santos, J. B.; Silva, A. A.; Freitas, F. C. L.; Galon, L.; Concenço, G.; Silva, A. F.; Tironi, S. P.; Rocha, P. R. R. Caracteres morfoanômicos de *Brachiaria brizantha* submetida à aplicação de Trinexapac-Ethyl. *Planta daninha*, v.27, n.3, p.533-539, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000300014>>.
- Grossmann, K. Plant growth retardants as tools in physiological research. *Physiologia Plantarum*, v.78, n.3, p.640-648, 1990. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05254.x/abstract>>.
- Heckman, N. L.; Elthon, T. E.; Horst, G. L.; Gaussoin, R. E. Influence of Trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. *Crop Science*, v.42, n.2, p.423-427, 2002. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2002.4230>>.
- Nakayama, K.; Kamiya, Y.; Kobayashi, M.; Abe, H.; Sakurai, A. Effects of a plant-growth regulator, prohexadione, on the biosynthesis of gibberellins in cell-free systems derived from immature seeds. *Plant Cell Physiology*, v.31, n.8, p.1183-1190, 1990. <<http://pcp.oxfordjournals.org/content/31/8/1183.full.pdf>>. 05 Ago. 2013.
- Nascimento, V.; Arf, O.; Silva, M. G.; Silva Binotti, F. F. S.; Rodrigues, R. A. F.; Alvarez, R. C. F. Uso do regulador de crescimento ethil-Trinexapac em arroz de terras altas. *Bragantia*, v.68, n.4, p.921-929, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000400012>>.
- Rademacher, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.51, p.501-531, 2000. <<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.501>>.
- Santos, F.; Borém, A. Cana-de-açúcar: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2013. 257p.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. São Paulo: Artmed, 2009. 719 p.