

Efeitos de Redutores de Crescimento Sobre o Desenvolvimento Inicial do Sorgo Sacarino

Márcia Eugênia Amaral de Carvalho^{1,2}, Paulo Roberto de Camargo e Castro^{1,3}, Willian Rodrigues Macedo^{1,4}, Carlos Tadeu dos Santos Dias^{1,5}, Diego Kitahara Araújo^{1,6} e Ana Carolina Cabrera Machado Mendes^{1,7}

¹Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. ²marcia198807@hotmail.com, ³prcastro@usp.br, ⁴wrmacedo@usp.br, ⁵ctsdi@usp.br, ⁶dikitahara@yahoo.com e ⁷accmmen@yahoo.com.br

RESUMO- A aplicação de fitorreguladores pode melhorar o desempenho das culturas, tornando a arquitetura vegetal mais adaptada e eficiente na utilização dos recursos ambientais e de insumos para suportar o alto rendimento agrônomico. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de três redutores de crescimento vegetal sobre o desenvolvimento do sorgo sacarino. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos foram controle, hidrazida maleica 8,0 ml L⁻¹, paclobutrazol 6,0 ml L⁻¹ e chlormequat 5,0 ml L⁻¹. O desenvolvimento das plantas de sorgo foi avaliado através de variáveis biométricas, do teor relativo de clorofila e do potencial de produção de caldo. Todos os fitorreguladores diminuíram a taxa de crescimento do sorgo, resultando consequentemente, na redução da altura das plantas (20,56 a 39,74% em relação ao controle). Estes compostos também provocaram acréscimo do teor relativo de clorofila (19,59 a 29,54%), contudo não alteraram a massa fresca e seca das plantas tratadas. Além disso, o potencial de produção de caldo foi aumentado após a utilização do paclobutrazol, apresentando incremento de 4,56% em relação ao controle. Os resultados indicam que a utilização de redutores de crescimento pode constituir uma alternativa para a diminuição da ocorrência de acamamento e aumento da produção de caldo em sorgo ‘Ceres 81’.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, retardadores e inibidores de crescimento, fisiologia vegetal, produção

Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem ocupado extensas áreas agrícolas no território brasileiro devido, principalmente, às suas características de tolerância ao déficit hídrico e capacidade de rebrota, permitindo elevadas produções por área (BOTELHO, 2010). Pode ser utilizado tanto na nutrição animal, destacando-se por ser um alimento de alto valor nutritivo e por apresentar elevado rendimento de matéria seca (NEUMANN et al., 2002), quanto para a produção de etanol, devido a rapidez do ciclo de produção, às facilidades de mecanização da cultura e ao teor relativamente alto de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo (EMBRAPA, 2004). Contudo, muitos cultivares de sorgo tem porte alto e são propensos ao acamamento, causando sérios prejuízos aos produtores (MOLINA et al., 2000). Segundo a Embrapa (2008), para minimizar os problemas com o acamamento das plantas, deve-se trabalhar com densidade de plantio adequada para cada cultivar. Porém, a

utilização de fitorreguladores também pode constituir uma alternativa para diminuir a ocorrência deste problema.

Os fitorreguladores são compostos sintéticos que atuam como sinalizadores químicos no controle do desenvolvimento da planta. Normalmente ligam-se à receptores na planta, desencadeando uma série de alterações celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de tecidos ou órgãos vegetais (RADEMACHER, 2000; TAIZ & ZEIGER, 2004). Dentre as classes de fitorreguladores, encontram-se os retardadores de crescimento, compostos capazes de afetar uma série de características das plantas como a redução do porte vegetal e da área foliar, além do aumento dos teores de clorofila, da espessura de folhas e do crescimento do sistema radicular. Contudo, as alterações morfológicas são acompanhadas por modificações no desenvolvimento e fisiologia das plantas (FLETCHER et al., 2000) sendo necessários estudos que gerem informações sobre as implicações da utilização dos redutores de crescimento em sorgo sacarino.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de três redutores de crescimento vegetal sobre o desenvolvimento do sorgo sacarino 'Ceres 81' durante a fase vegetativa.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido sob condições ambientais, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, Brasil (latitude 22° 42' S e longitude 47° 38' O), durante os meses de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012. O plantio das sementes do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. Ceres 81 ocorreu em vasos plásticos, com capacidade de 15 dm³ preenchidos com substrato composto por argila, areia e matéria orgânica na proporção de 2:2:1 (v:v:v), respectivamente, sendo mantidas 2 plantas por vaso (parcela).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos foram: a) controle (água); b) hidrazida maleica 8,0 ml L⁻¹, (c) paclobutrazol 6,0 ml L⁻¹ e d) chlormequat 5,0 ml L⁻¹. A aplicação dos redutores de crescimento ocorreu 28 dias após a semeadura (DAS).

A altura das plantas foi fornecida pela distância entre a base do caule e a inserção da última folha, sendo avaliada dos 33 aos 47 DAS (tempo correspondente entre 5 e 19 dias após a pulverização). Aos 47 DAS, todo o material da parte aérea da planta foi coletado para a determinação da massa fresca (MF) da parte aérea sendo, em seguida, acondicionado em sacos de papel Kraft® e levado para estufa por 72 h a 60 °C, para a obtenção massa seca (MS) da

parte aérea. O potencial da produção de caldo (PC) foi estimado a partir da porcentagem de líquido encontrado na massa verde colhida, sendo fornecido pela equação $x=100-[(MS/MF) \times 100]$. O teor relativo de clorofila (TC) foi mensurado aos 40 DAS através do clorofilômetro Minolta SPAD-502 (SALLA et al., 2007), entre nove e dez horas da manhã, na folha recentemente expandida de todas as plantas da unidade experimental, em dois pontos do terço médio da folha, fora da área da nervura central. A altura e o teor relativo de clorofila de cada parcela foram obtidos através da média aritmética dos valores encontrados nas duas plantas que compunham cada vaso.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância, através do software estatístico SAS® (SAS INSTITUTE, 2006). A análise de medidas repetidas foi efetuada para avaliar o efeito dos tratamentos sobre a altura das plantas ao longo do tempo (dias após a pulverização). O teste de Tukey ($P < 0,05$) foi usado para estimar a diferença mínima significativa entre as médias dos tratamentos e a análise de regressão foi realizada para avaliar o efeito de cada redutor ao longo do tempo. Os dados referentes à altura foram transformados para $x=1/altura$ para o atendimento das pressuposições estatísticas para a realização da análise de variância. Após as análises estatísticas, os dados foram convertidos de volta para a escala original (COMPTON, 1994), para facilitar a comparação dos resultados entre os tratamentos.

Resultados e Discussão

A utilização de redutores de crescimento vegetais afetou significativamente o porte das plantas, o teor relativo de clorofila e o potencial de produção de caldo. Contudo, a massa fresca e seca da parte aérea das plantas tratadas não foram alteradas em relação ao controle (Figura 1 e Tabela 1).

Ainda que transcorridos 19 dias após a pulverização, não foi observado aumento significativo na altura das plantas tratadas com paclobutrazol e com chlormequat, explicitando a elevada eficiência destes compostos em inibir o crescimento do sorgo sacarino 'Ceres 81'. A redução do porte vegetal por esses dois compostos (20,56 a 39,74% em relação ao controle) deve-se à capacidade destes em inibir a biossíntese de giberelinas, hormônios responsáveis pela expansão celular, resultando na redução do crescimento (FLETCHER et al., 2000). Entretanto, nota-se que o chlormequat age mais eficientemente depois de um intervalo de tempo maior do que o paclobutrazol, justificando a diferença de altura das plantas destes dois tratamentos na avaliação final. Provavelmente, a diferença do grau de redução do porte possa

ser explicada pelo fato de que o paclobutrazol bloqueia a atividade de uma enzima distinta daquela inibida pelo chlormequat (FLETCHER et al., 2000).

Plantas tratadas com hidrazida maleica também apresentaram porte inferior ao controle na avaliação final (20,56% menor), contudo o crescimento das plantas neste tratamento foi afetado de forma menos agressiva (Figura 1). A hidrazida maleica reduz o porte das plantas porque ela é capaz de inibir a ocorrência de divisões celulares nas regiões meristemáticas (AHRENS, 1994; JABEE et al., 2008), impedindo o desenvolvimento vegetal. Possivelmente, a inibição das divisões celulares ocorre porque a hidrazida maleica interfere na formação das fibras do fuso (KHAN, 1997), não agindo, contudo, sobre o alongamento celular (AHRENS, 1994).

A redução da altura de cultivares de grande porte é relevante, pois acarreta diminuição dos custos de produção devido ao decréscimo de mão-de-obra utilizada durante o corte e por perdas no campo (MOLINA et al., 2000; CORRÊA et al., 1996). Apesar do acamamento não ser um dos principais fatores limitante à cultura do sorgo, alguns cultivares apresentaram elevada incidência de plantas acamadas, com índices que variam de 22,0 a 55,8 % (MOLINA et al., 2000; FLARESSO et al., 2000), sendo importante a descoberta de alternativas que viabilizem o cultivo destes cultivares.

A aplicação de redutores de crescimento não afetou a produção de biomassa fresca e seca das plantas em relação ao controle, apesar da redução de porte do sorgo. Provavelmente este fato está relacionado ao aumento significativo do teor relativo de clorofila em plantas tratadas com redutores (acrécimos de 19,59 a 29,54% em relação ao controle) que pode ter elevado a eficiência fotossintética. A clorofila é um pigmento que está diretamente associado ao potencial da atividade fotossintética (ZOTARELLI et al., 2003), sendo responsável pela captação (SALLA et al., 2007) e conversão da radiação solar em energia química na forma de ATP e NADPH (MARENCO & LOPES, 2005), favorecendo a fixação do dióxido de carbono atmosférico e propiciando, conseqüentemente, a produção de biomassa vegetal.

A pulverização de paclobutrazol também elevou o potencial de produção de caldo, o que pode favorecer parcialmente a produção de etanol, pois segundo Giacimini (1979), cultivares de sorgo sacarino devem apresentar, dentre outras características, alta porcentagem de extração de caldo para elevada produção de etanol.

Conclusões

A utilização de redutores de crescimento pode constituir uma alternativa para a diminuição da ocorrência de acamamento e aumento da produção de caldo em sorgo 'Ceres 81'.

Literatura Citada

AHRENS, W.H. (Ed.). Herbicide handbook. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352 p.

BOTELHO, P.R.F. Avaliação agrônômica e nutricional da rebrota anual de quatro genótipos de sorgo para produção de silagem na região norte de Minas Gerais. Montes Claros, 2010. 89p. (Mestrado- Universidade Estadual de Montes Claros, Unimontes).

COMPTON, M.E. Statistical methods suitable for the analysis of plant tissue culture data. Plant Cell Tissue and Organ Culture, v.37, p.217–242, 1994.

CORRÊA, C.E.S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estádios de maturação. Belo Horizonte, 1996. 121p. (Mestrado- Escola de Veterinária, UFMG).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Milho e Sorgo. Boletim Agrometeorológico do Ano Agrícola. Sete Lagoas, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Milho e Sorgo. Sistemas de produção: cultivo do sorgo. Sete Lagoas, 2008.

FLARESSO, J.A.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto vale do Itajaí, Santa Catarina. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, p.1608-1615, 2000.

FLETCHER, R.A.; GILLEY, A.; SANKLA, N.; DAVIS, T.D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. Horticultural Reviews, v.24, p.55-138, 2000.

GIACOMINI, F.S. Sorgo/Tecnologia de produção. Informativo Agropecuária, v.56, p.44-47, 1979.

JABEE, F.; ANSARI, M.Y.K.; SHAHAB, D. Studies on the effect of maleic hydrazide on root tip cells and pollen fertility in *Trigonella foenum-graecum* L. Turkish Journal of Botany, v.32, p.337-344, 2008.

KHAN, S. Concepts in mutagenesis. In: SIDDIQUI, B. A.; KHAN, S (Eds.), Plant breeding advances and in vitro culture. New Delhi: CBS Publishers and Distributors, 1997. p. 98

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas

e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S., FERREIRA, J.J., FERREIRA, V.C.P. Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte , v.52, p.385-390, 2000.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITE, M. Z.; CERDÓTES, L.; PEIXOTO, L.A.O. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. Revista Brasileira de Zootecnia. Viçosa, v.31, p.302-312, 2002.

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.

SALLA, L.; RODRIGUES, J.C.; MARENCO, R.A. Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com o SPAD-502. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v.5, p.159-161, 2007.

SAS Institute, SAS/STAT version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.719p.

ZOTARELLI, L; CARDOSO· E.G.; PICCININ· J.L.; URQUIAGA, S.; BODDEY· R.M.; TORRES, E.; ALVES, B.J.R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.38, p.1117-1122, 2003.

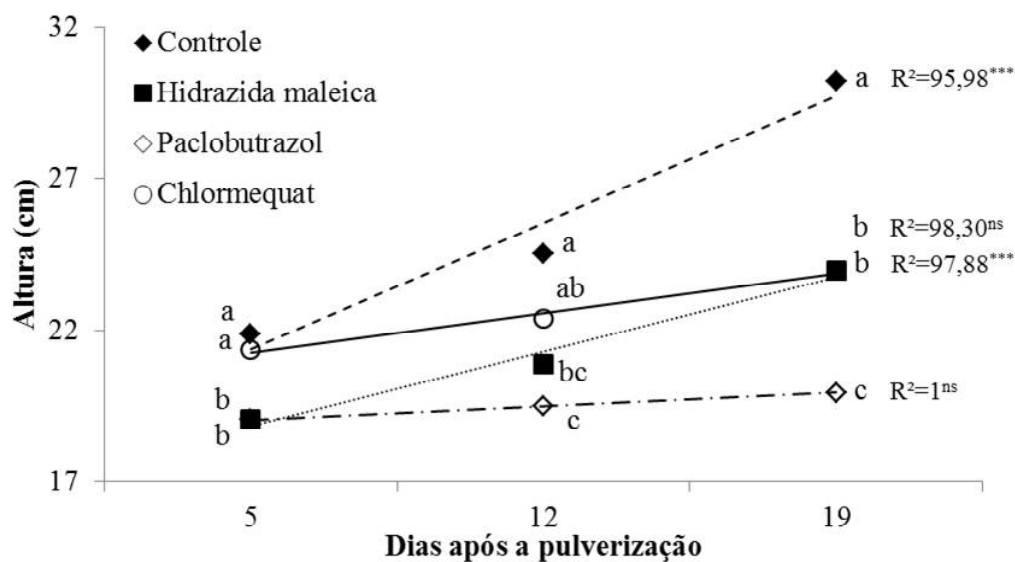


Figura 1. Efeito dos redutores de crescimento sobre a altura do sorgo ‘Ceres 81’ ao longo do período de avaliação. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % entre os tipos de redutores, dentro de cada período de avaliação (dias após a pulverização). Significância: *** $p < 0,001$, ns: não significativo.

Tabela 1. Efeito dos tratamentos sobre o teor relativo de clorofila (TC), massa fresca (MF) e massa seca (MS) da parte aérea e sobre o potencial de produção de cana (PC).

Tratamentos	Variáveis respostas			
	TC (valor SPAD)	MF (g)	MS (g)	PC (%)
Controle	28,03 b	182,85 a	32,96a	81,96 b
Hidrazida maleica	34,24 a	153,21 a	25,77a	83,28 ab
Chlormequat	36,31 a	194,08 a	31,00a	83,91 b
Paclobutrazol	35,06 a	160,61 a	24,35a	85,70 a
CV%	10,47	22,13	23,51	1,59

Médias seguidas das mesmas letras dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).