

TEORES DE LIGNINA E CELULOSE EM PLANTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE MATURADORES¹

Lignin and Cellulose Contents in Sugarcane after Ripener Application

MESCHEDE, D.K.², VELINI, E.D.³, CARBONARI, C.A.⁴ e MORAES, C.P.⁵

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de lignina e celulose em plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de dois maturadores para a colheita. O experimento foi conduzido em uma área de cana-soca, cultivar SP 803280, no município de Igarapu do Tietê/SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da aplicação de dois maturadores: sulfometuron-methyl (Curavial) e glyphosate (Roundup original). As doses utilizadas foram: glyphosate a 72 g e.a. ha⁻¹; glyphosate a 144 g e.a. ha⁻¹; glyphosate a 72 g e.a. ha⁻¹ + sulfometuron methyl a 10 g p.c. ha⁻¹; glyphosate a 108 g e.a. ha⁻¹ + sulfometuron-methyl a 12 g p.c. ha⁻¹; sulfometuron-methyl a 20 g p.c. ha⁻¹; e a testemunha sem aplicação de maturadores. As análises de lignina e celulose foram realizadas pelo método lignina em detergente ácido modificado. O glyphosate e o sulfometuron-methyl alteraram os níveis de lignina no momento da colheita, e esse efeito foi observado também durante o crescimento da cana-de-açúcar (meses após a aplicação desses produtos). O glyphosate a 72 g e.a. ha⁻¹ promoveu reduções nos teores de lignina, na colheita e durante o crescimento da cana-de-açúcar, quando comparados com os da testemunha, enquanto o sulfometuron-methyl isolado na menor dose (10 g ha⁻¹) promoveu aumento nos teores desse biopolímero na soqueira da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: biomassa, reguladores vegetais, metabolismo secundário, *Saccharum* spp.

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the content of lignin and cellulose in sugarcane after application of ripeners. The experiment was carried out in a sugarcane ratoon area, variety SP803280 in Igarapu Tietê, São Paulo, Brazil. The experimental design was a randomized complete block with four replications. The treatments consisted of application of two ripeners: sulfometuron methyl (Curavial) and glyphosate (Roundup Original). The doses used were: glyphosate 200 mL pc ha⁻¹; glyphosate at 400 mL p.c. ha⁻¹, glyphosate at 200 mL p.c. ha⁻¹ plus sulfometuron methyl at 10 g p.c. ha⁻¹; glyphosate at 150 mL p.c. ha⁻¹ plus sulfometuron methyl at 12 g p.c. ha⁻¹; sulfometuron methyl at 20 g p.c. ha⁻¹ and the untreated control without ripener application. Lignin and cellulose analyses were made using acid detergent lignin modified. Glyphosate and sulfometuron methyl altered lignin levels at harvest and during sugarcane growth (months after application of the products). In general, glyphosate at 200 mL ha⁻¹ promoted reductions in lignin compared to the control, while sulfometuron methyl isolated at a dose of 10 g ha⁻¹ promoted an increase in the levels of this compound in sugarcane.

Keywords: biomass, growth regulators, secondary metabolism, *Saccharum* spp.

INTRODUÇÃO

A agroindústria canavieira está plenamente implantada e em expansão no Brasil. Nas últimas décadas, a indústria canavieira

tem demonstrado grande capacidade de agregar valor a coprodutos do álcool e do açúcar, como a vinhaça (como fertilizante), a torta de filtro, o bagaço (matéria-prima industrial, alimentação animal e geração de energia) e a

¹ Recebido para publicação em 1^a.3.2011 e aprovado em 23.10.2011.

² Pesquisadora, Dra. D.Sc., Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, Caixa postal 237, 18603-970 Botucatu-SP, <meschede@fca.unesp.br>; ³ Professor, D.Sc., Dep. de Produção Vegetal, FCA/UNESP; ⁴ Professor auxiliar, D.Sc., Dep. de Produção Vegetal, FCA/UNESP; ⁵ Aluna do curso de Engenharia Agrônoma, ESALQ/USP.



palhada (geração de energia). A tendência para os próximos anos é de que cada unidade industrial destinada à transformação da cana produza, além do açúcar e do álcool, energia, créditos de carbono e um grande número de matérias-primas industriais.

Os maturadores em cana-de-açúcar é atualmente uma ferramenta bastante utilizada, pois facilitam o gerenciamento da colheita e promovem aumento no percentual de sacarose. Os maturadores são definidos como reguladores vegetais, que são compostos químicos capazes de modificar a morfologia e a fisiologia da planta, podendo ocasionar modificações qualitativas e quantitativas na produção (Martins & Castro, 1999; Leite et al., 2009).

A lignina é uma molécula fenólica altamente complexa que só é menos abundante em plantas do que a celulose. A estrutura da lignina ainda não é completamente conhecida, mas sua presença é fundamental para a rigidez das células e tecidos e na resistência a estresses bióticos e abióticos (Raes et al., 2003; Cabané et al., 2004; Taiz & Zeiger, 2009). Juntamente com a celulose e a hemicelulose, a lignina é um dos principais constituintes da planta, sendo responsável pela sua resistência. É um biopolímero aromático amorfo, tridimensional, formado via polimerização oxidativa. Ele ocorre na parede celular de plantas superiores em diferentes composições, como, por exemplo; em madeiras duras, de 25 a 35%; madeiras macias, de 18 a 25%; e gramineas, de 10 a 30% (Bononi, 1999; Lars, 2000).

No Estado de São Paulo, a massa de palhada de cana que permanece sobre o solo, após o corte da cana, varia de 13 a 20 t ha⁻¹ de matéria seca. O teor de lignina nos resíduos vegetais está diretamente relacionado com a velocidade e a intensidade de sua degradação. A mineralização dessa massa vegetal é dependente de fatores ambientais, como a temperatura, disponibilidade hídrica e de oxigênio, da composição química da palhada, especialmente da relação C/N, os teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis (Herman et al., 1977; Ng Kee Kwong et al., 1987; Siqueira & Franco, 1988). As transformações no processo de decomposição ocorrem geralmente na seguinte ordem: biodegradação rápida da

maioria dos compostos hidrossolúveis e polisacarídeos, redução lenta de hidrossolúveis, fenólicos e hemiceluloses e aumento relativo do conteúdo de ligninas e proteínas (Correia & Andrade, 1999).

A lignina, além das funções inerentes à fisiologia das plantas, apresenta-se como uma barreira de defesa física e química, dificultando a penetração de microrganismos fitopatogênicos (Davis & Hahlbrock, 1987), consumo por insetos (Cooley, 1988), protegendo as plantas contra os fatores bióticos e abióticos, advindos do ambiente. Essas funções justificam-se por ser encontrada principalmente na parede celular e na lamela média de células xilemáticas e de outras partes de diferentes origens citológicas, como: folha, caule, casca e raízes (Firmino et al., 2006).

Dessa forma, a utilização de maturadores antes da colheita em cana-de-açúcar pode afetar diretamente a composição lignocelulósica das plantas, o que tem reflexo direto na degradação e persistência da palha sobre o solo após a colheita e na resistência das plantas após a brotação a fatores bióticos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de lignina e celulose em plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de dois maturadores para a colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área de cana-soca de segundo corte, cultivar SP 803280, na Fazenda Jurema, no município de Igarçu do Tietê, Estado de São Paulo (latitude de 22° 38' 45"S, longitude de 48° 36' 29"W e altitude de 620 m), pertencente ao Grupo Cosan – Unidade Barra.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 160 m² (1,6 m entre linhas, em nove linhas, e 10 m de comprimento), totalizando uma área de 960 m². A área útil foi em cinco linhas centrais (desconsiderando as duas primeiras linhas da direita e da esquerda de cada parcela) por 8 m de comprimento (desconsiderando 1 m do início e final de cada parcela). Os tratamentos constituíram-se da aplicação de dois maturadores: sulfometuron-methyl e glyphosate, que são encontrados comercialmente como

Curavial (750 g de i.a. kg⁻¹) e Roundup original (360 g e.a. kg⁻¹). As doses utilizadas foram: glyphosate a 72 g ha⁻¹ (200 mL p.c. ha⁻¹); glyphosate a 144 g ha⁻¹ (400 mL p.c. ha⁻¹); glyphosate a 72 g ha⁻¹ (200 mL p.c. ha⁻¹) + sulfometuron-methyl a 10 g p.c. ha⁻¹); glyphosate a 54 g ha⁻¹ (150 mL p.c. ha⁻¹) + sulfometuron-methyl 12 g p.c. ha⁻¹, sulfometuron-methyl a 20 g p.c. ha⁻¹; e a testemunha sem aplicação de maturadores.

A aplicação dos produtos foi realizada no mês de outubro de 2006, utilizando equipamento costal pressurizado a CO₂ com barra de 6 m de comprimento, em forma de T, contendo seis pontas de pulverização AXI 11002, sendo a pressão de trabalho de 50 PSI para a vazão de 200 L ha⁻¹. A umidade relativa do ar, no momento da aplicação, ficou ao redor de 80%, com velocidade do vento 6 m s⁻¹ e temperatura média de 25 °C.

As avaliações na área experimental foram realizadas aos 15 e 30 dias após aplicação dos herbicidas e antes da colheita (pré-colheita); após a colheita, a soqueira da cana-de-açúcar foi avaliada aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias (DAC).

As folhas de cana foram coletadas aleatoriamente em 10 plantas por parcela e colocadas para secar em estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas. Posteriormente, as folhas foram moídas em moinhos de rotor circular com facas (Marconi MA340) e, em seguida, realizaram-se as análises dos teores de lignina e celulose. A técnica utilizada foi baseada no método da lignina em detergente ácido (LDA), em que a amostra foi previamente tratada com solução de detergente ácido, resultando na fibra em detergente ácido (FDA), a qual posteriormente em seguida é submetida à digestão com solução concentrada de ácido sulfúrico a 72% (Van Soest, 1965). Esta técnica foi adaptada com a utilização de saquinhos confeccionados em TNT 100 (“tecido não tecido”, porosidade de 100 micra). Após a digestão, os saquinhos foram colocados em autoclave (120 °C por 30 min) e dispostos no interior de garrafão para solução de capacidade de 20 L, contendo 50 mL de solução em detergente ácido por amostra. Em seguida, receberam pré-lavagem com água fria para retirada do excesso de detergente, sendo submetidos a cinco enxágues com água destilada

quente (5 min), e a seguir escorridos e imersos em acetona (5 min) e secos em estufa (105 °C) (Lanes et al., 2006).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (5% de probabilidade), e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A comparação entre os tratamentos e a testemunha foi calculada: $1 / (100 * 2^{n-2x \text{ menor}})$, em que x = valores acima da linha de tendência e y = valores abaixo da linha de tendência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do conteúdo de lignina, determinada aos 15 DAA, revelou que os teores desse composto nas plantas de cana-de-açúcar se encontram dentro dos níveis relatados na literatura e que, em curto período de tempo, os teores de lignina não são influenciados pela aplicação dos maturadores utilizados (Tabela 1).

Aos 30 dias após a aplicação dos maturadores, os valores de ligninas apresentaram reduções expressivas com aplicação de glyphosate na dose de 144 g e.a ha⁻¹ (400 mL p.c. ha⁻¹). Nesta dosagem, houve redução de mais de 43% dos níveis de lignina em relação à testemunha. O glyphosate isolado na dose de 200 mL ha⁻¹ e na dose de 400 mL ha⁻¹ associado ao sulfometuron-methyl na dose de 10 g ha⁻¹ também promoveu reduções nos níveis de lignina nas plantas.

As alterações dos níveis de lignina, antes da colheita da cana-de-açúcar, em função da aplicação do glyphosate como maturador altera diretamente a persistência da palhada que permanecerá sobre o solo após a colheita mecânica e que pode chegar a 25 t ha⁻¹ (Velini & Negrisoni, 2000). Quanto maior o conteúdo de lignina e a relação C/N nos resíduos vegetais, mais lenta será a sua taxa de decomposição (Floss, 2000; Sainju et al., 2007) e maior será a proteção do solo (Ferreira et al., 2010). Com o desenvolvimento e a evolução das tecnologias para produzir álcool a partir da celulose e da hemicelulose, a lignina passa a ter papel importante, pois, em termos industriais, pode dificultar o uso desses biopolímeros.

Na Tabela 2, são apresentados os teores de celulose das plantas de cana-de-açúcar em



Tabela 1 - Conteúdo de lignina (%) em cana-de-açúcar, variedade SP 803280, 15 e 30 dias após a aplicação de glyphosate e sulfometuron-methyl e antes da colheita. Igarauçu do Tiete-SP, 2006

Tratamento	Dias após a aplicação (DAA)	
	15	30
1. glyphosate 72 g e.a. ha ⁻¹	24,5	19,5 ab
2. glyphosate 144 g e.a. ha ⁻¹	24,0	12,3 a
3. glyphosate 144 g e.a. ha ⁻¹ + sulfometuron-methyl 10 g ha ⁻¹	23,7	18,8 ab
4. glyphosate 108 g e.a. ha ⁻¹ + sulfometuron-methyl 12 g ha ⁻¹	22,5	22,0 b
5. sulfometuron-methyl 20 g ha ⁻¹	28,3	25,8 b
6. Testemunha	25,3	21,8 b
F tratamento	0,67 ^{ns}	2,36*
F bloco	0,51 ^{ns}	1,11 ^{ns}
CV (%)	19,36	29,4
DMS	7,20	8,86

^{ns} não significativo e * significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 2 - Teores de celulose (%) durante o crescimento da cana-soca submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron-methyl como maturadores (antes da colheita). Igarauçu do Tiete-SP, 2007

Tratamento	Celulose (%)				
	30 DAC	60 DAC	90 DAC	120 DAC	150 DAC
1. glyphosate 200 mL ha ⁻¹	32,0	47,8	32,8 a	30,5 ab	30,5 a
2. glyphosate 400 mL ha ⁻¹	39,3	45,3	33,7 a	22,8 a	22,7 a
3. glyphosate 400 mL ha ⁻¹ + sulfometuron-methyl 10 g ha ⁻¹	29,5	48,5	32,5 a	31,5 ab	31,5 a
4. glyphosate 150 mL ha ⁻¹ + sulfometuron-methyl 12 g ha ⁻¹	32,5	44,8	35,3 a	35,0 b	35,2 a
5. sulfometuron-methyl 20 g ha ⁻¹	31,7	37,5	55,8 b	38,3 b	59,0 b
6. Testemunha	41,7	46,0	27,5 a	32,5 ab	33,5 a
F tratamento	0,832 ^{ns}	2,591 ^{ns}	6,247**	4,376**	13,181**
F bloco	0,569 ^{ns}	3,456 ^{ns}	0,353 ^{ns}	0,481 ^{ns}	1,008 ^{ns}
CV (%)	31,50	11,37	21,50	16,27	19,07
DMS	24,91	11,69	18,01	11,84	15,45

^{ns} não significativo, ** significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

diferentes períodos após a colheita. Esses teores se mantiveram praticamente inalterados durante o crescimento da cana-de-açúcar. Resultados contrários foram verificados por Jung & Vogel (1992), em que a maturidade fisiológica resultou em decréscimo na degradação da hemicelulose e da celulose de caule e folha das plantas estudadas. Durante o período de avaliação de crescimento da cana não se observou efeito a aplicação de glyphosate nos teores de celulose na planta; já a aplicação de sulfometuron-methyl nos períodos de 90, 120 e 150 dias após a colheita promoveu aumentos nos níveis de celulose nas plantas.

Os teores de lignina analisados durante o crescimento da cana-de-açúcar submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron-methyl são apresentados na Tabela 3. No início do desenvolvimento da cana (30 DAC), não se observou diferença significativa entre os tratamentos testados. Aos 60 dias após a colheita, foram observados menores teores de lignina, em relação à testemunha, nos tratamentos com glyphosate na dose de 200 mL ha⁻¹ e glyphosate a 150 mL ha⁻¹ associado ao sulfometuron-methyl a 10 g ha⁻¹. Aos 90 e 120 DAC, foram observadas reduções nos teores de lignina na aplicação do glyphosate a

200 mL ha⁻¹. A lignina é um composto essencial para as plantas e confere rigidez ao caule e ao tecido vascular, permitindo o crescimento em altura e a absorção de água e minerais pelo xilema sob pressão negativa, sem rompimento dos tecidos (Taiz & Zeiger, 2009).

O glyphosate é um herbicida que afeta diretamente a síntese de compostos secundários (Devine et al., 1993); esse herbicida não seletivo bloqueia a rota do ácido chiquímico pela inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato 3-fosfato sintase (EPSPs). A inibição da EPSPs reduz a disponibilidade de aminoácidos aromáticos (triptofano, fenilalanina e tirosina) e ocasiona formação de ácido cinâmico e seus derivados, inibindo, desse modo, a produção de ácidos hidroxifenólicos, de flavonoides e de compostos fenólicos mais complexos, como a lignina (Weaver & Herrmann, 1997).

A infecção com patógenos induz mudanças bioquímicas na planta hospedeira, incluindo ativação de respostas de defesa (Hammond-Kosack & Jones, 2000), as quais interferem na severidade da doença causada pelo patógeno. Muitas dessas respostas requerem ativação transcricional de genes por enzimas que produzem uma forma de barreira físico-fisiológica, como a lignina (Rizzard et al., 2003). Dessa forma, o efeito de subdoses de glyphosate na severidade do patógeno pode ocorrer por seu efeito na redução do acúmulo

de lignina (Lévesque & Rahe, 1992; Weaver & Herrmann, 1997).

No tratamento com sulfometuron-methyl a 20 g ha⁻¹ foram observados incrementos nos teores de lignina aos 60, 90 e 120 DAC. Aos 150 DAC, não foram observados efeitos dos tratamentos nos teores de lignina das plantas. Os aumentos crescentes nos teores de lignina podem influenciar no desempenho de crescimento da cana, e na defesa contra estresse biótico e abiótico (Tabela 3).

Analisando os efeitos do glyphosate nas doses de 144 e 72 g ha⁻¹ e do sulfometuron-methyl a 20 g ha⁻¹ na concentração de lignina na folha da cana-de-açúcar em relação à testemunha, verificou-se que esse herbicida promove reduções nos teores de lignina, sendo mais intensa a redução na dose de 72 g ha⁻¹. Por outro lado, o sulfometuron-methyl o efeito foi de estímulo na produção deste composto (Figura 1).

Esses resultados revelam que a aplicação, tanto de glyphosate como de sulfometuron-methyl, altera os níveis de lignina desde o momento da colheita até o crescimento da cana (meses após a aplicação desses produtos) rebrote. De maneira geral, a dose de 72 g ha⁻¹ de glyphosate pode promover reduções nos teores de lignina na planta de cana, enquanto o sulfometuron-methyl isolado na dose de 10 g ha⁻¹ promove aumento nos teores deste biopolímero na soqueira da cana-de-açúcar.

Tabela 3 - Teores de lignina durante o crescimento da cana-soca submetida à aplicação de glyphosate e sulfometuron-methyl como maturadores (antes da colheita). Igarapé do Tiete-SP, 2007

Tratamento	Lignina (%)				
	30 DAC	60 DAC	90 DAC	120 DAC	150DAC
1. glyphosate 200 mL ha ⁻¹	28,2	14,2 a	12,5 a	15,3 a	19,0
2. glyphosate 400 mL ha ⁻¹	30,0	16,0 ab	16,0 ab	19,0 ab	21,0
3. glyphosate 400 mL ha ⁻¹ sulfometuron-methyl 10 g ha ⁻¹	27,5	15,8 ab	15,3 ab	23,8 ab	22,3
4. glyphosate 150 mL ha ⁻¹ sulfometuron-methyl 12 g ha ⁻¹	26,2	14,4 a	15,0 ab	20,8 ab	18,0
5. sulfometuron-methyl 20 g ha ⁻¹	34,1	25,5 b	26,5 b	25,5 b	22,3
6. Testemunha	25,5	18,0 ab	17,3 ab	19,3 ab	20,3
F tratamento	1,685 ^{ns}	3,277*	3,176*	3,799*	0,626 ^{ns}
F bloco	1,099 ^{ns}	0,604 ^{ns}	0,706 ^{ns}	4,645*	4,620 ^{ns}
CV (%)	18,03	26,86	31,43	18,24	30,50
DMS	11,85	10,74	12,31	8,62	13,76

^{ns} não significativo, * significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.



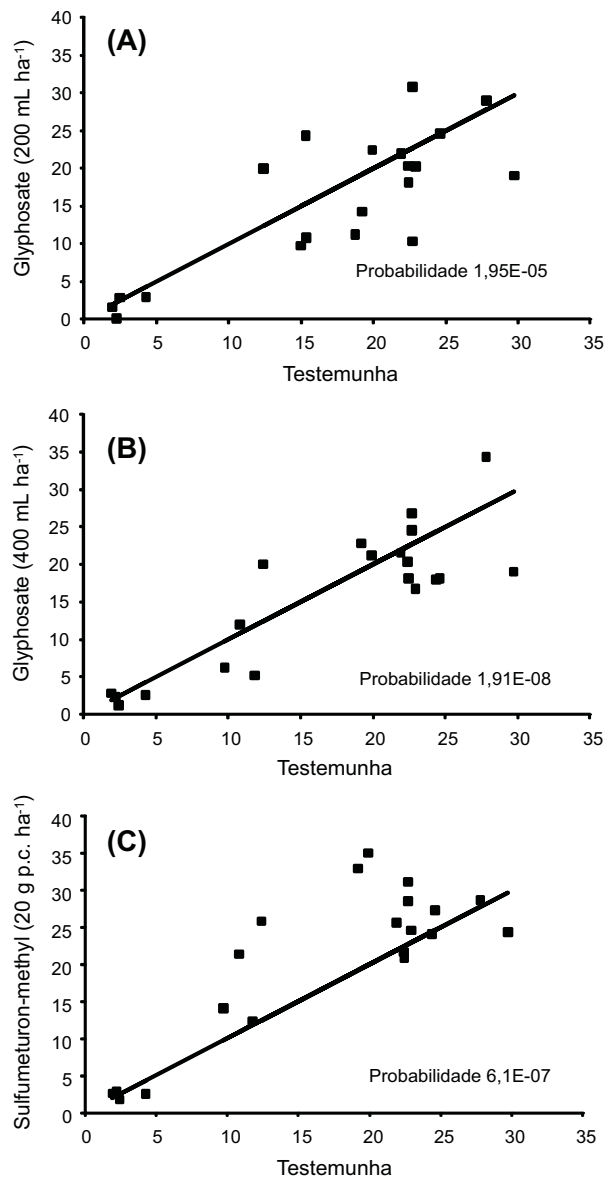


Figura 1 - Comparação de lignina na cana-de-açúcar com a aplicação de glyphosate na dose 72 g e.a. ha⁻¹ (A), 144 g e.a. ha⁻¹ (B) e sulfometuron-methyl 20 g p.c. ha⁻¹ (C), em relação à testemunha. Igarçu do Tiête-SP, 2007.

LITERATURA CITADA

BONONI, V. L. R. Zigomicetos, basidiomicetos e

deuteromicetos: noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 1999. 184 p.

CABANÉ, M. et al. Condensed lignins are synthesized in poplar leaves exposed to ozone. *Plant Physiol.*, v. 134, n. 2, p. 586-594, 2004.

COOLEY, P. D. Effects of plant growth rate and leaf lifetime on the amount and type of anti-herbivore defense.

Oecologia, v. 74, p. 531-536, 1988.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.

DAVIS, K. R.; HAHNBROCK, K. Induction of defense responses in cultured parsley cells by plant cell wall fragments. *Plant Physiol. Biochem.*, n. 84, n. 4, p. 1286-90, 1987.

DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Oxygen toxicity and herbicidal action;** Secondary physiological effects of herbicides. In: DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action.** New Jersey: Prentice-Hall, 1993. p. 177-188.

FERREIRA, A. C. B. et al. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 45, n. 6, p. 546-553, 2010.

FIRMINO, A. et al. Alterações ligno-anatômicas em *Solanum gilo* Raddi por aplicação de cálcio e boro como estratégia de defesa. *Ci. Agrotec.*, v. 30, n. 3, p. 394-401, 2006.

FLOSS, E. Benefícios da biomassa seca de aveia ao sistema de semeadura direta. *R. Plantio Direto*, v. 57, n. 1, p. 25-29, 2000.

HAMMOND-KOSACK, K.; JONES, J. D. G. Responses to plant pathogens. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants.** Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. p. 1102-1156.

HERMAN, W. A.; MCGILL, W. B.; DORMAAR, J. F. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. *Canadian J. Soil Sci.*, v. 57, p. 205-215, 1977.

JUNG, H. G.; VOGEL, K. P. Lignification of switchgrass (*Panicum virgatum*) and big bluestem (*Andropogon gerardii*) plant parts during maturation and its effect on fibre degradability. *J. Sci. Food Agric.*, v. 59, n. 1, p. 169-176, 1992.

LANES, E. C. M. Comparação de metodologias para determinação da concentração de fibra em detergente ácido em silagens de milho. In: SEMANA DE BIOLOGIA, 29., MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2006, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006.

- LARS, H. et al. Do the extracellular enzymes cellobiose dehydrogenase and manganese peroxidase form a pathway in lignin biodegradation? **FEBS**, v. 477, n. 1, p. 79-83, 2000.
- LEITE, G. H. P. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores em meio de safra. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 527-534, 2009.
- LÉVESQUE, C. A.; RAHE, J. E. Herbicide interaction with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. **Ann. Rev. Phytopathol.**, v. 30, p. 579-602, 1992.
- MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Efeitos de giberilina e ethephon na anatomia de plantas de cana-de-açúcar. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 34, n. 10, p. 1855-1863, 1999.
- NG KEE KWONG, K. F. et al. Value of cane trash in nitrogen nutrition of sugarcane. **Plant Soil**, v. 102, n. 1, p. 79-83, 1987.
- RAES, J. et al. Genome-wide characterization of the lignifications toolbox in Arabidopsis. **Plant Physiol.**, v. 133, n. 3, p. 1051-1071, 2003.
- RIZZARDI, M. A. et al. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ci. Rural**, v. 33, n. 5, p. 957-965, 2003.
- SAINJU, U. M. et al. Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. **Soil Tillage Res.**, v. 96, p. 205-218, 2007.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS/ESAL/FAEPE, 1988. 236 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.
- van SOEST P. J. Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **J. Animal Sci.**, v. 24, n. 3, p. 834-844, 1965.
- VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz de Iguaçu. **Palestras...** Foz de Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.
- WEAVER, L. M.; HERRMANN, K. M. Dynamics of the shikimate pathway in plants. **Trends Plant Sci.**, v. 2, n. 9, p. 346-351, 1997.

