

**DESENVOLVIMENTO MOFOFISIOLÓGICO DE RAÍZES E BROTOS DA  
CANA-DE-AÇÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM* L.)**

Cleber Junior Jadoski<sup>1</sup>, Eder Victor Braganti Toppa<sup>1</sup>, João Domingos Rodrigues<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu – FCA-UNESP. Departamento de Agricultura. Caixa postal 237. CEP 18610-307. Botucatu – SP.

edertoppa@hotmail.com

**RESUMO** – Com a implementação do Plano Nacional de Agroenergia em 2005 e as atenções mundiais voltando-se para o caso de sucesso do etanol do Brasil, o álcool de cana-de-açúcar passou a atrair ainda mais a atenção como alternativa energética renovável. Nos campos comerciais de cana-de-açúcar, o plantio é feito por meio da propagação vegetativa, em que os órgãos da gema e primórdios radiculares estão em estado latente e, havendo condições favoráveis, passam para o estado ativo de crescimento e desenvolvimento, devido às mudanças de reservas nutritivas pela atividade de enzimas reguladoras de crescimento. O desenvolvimento do sistema radicular é típico para cada espécie, sendo que, para a cultura da cana-de-açúcar, inicia-se logo após o plantio, em uma porção do colmo com pelo menos uma gema lateral. A maior concentração de biomassa de raízes é encontrada perto da superfície e diminui exponencialmente com a profundidade. Além disso, outros fatores ambientais encontram-se relacionados com o desenvolvimento radicular e a brotação. Nesse sentido, este trabalho abordará a fisiologia do desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar correlacionado ao estágio inicial do desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desenvolvimento radicular, gemas laterais, perfilhamento.

**MORPHOPHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT OF ROOTS AND SHOOTS IN  
SUGARCANE (*SACCHARUM OFFICINARUM* L.)**

**ABSTRACT** – With the implementation of the National Agroenergy Plan in 2005 and the world's attention focused on the success of ethanol in Brazil, alcohol from sugarcane began to attract even more attention as an alternative renewable energy. In commercial fields of sugarcane, planting is done through vegetative propagation, in which the organs of the bud and root primordia are in a latent state and, under favorable conditions, they pass into the active state of growth and development due to changes in food reserves by the activity of growth regulatory enzymes. The development of the root system is typical for each species, and for the sugarcane crops it begins immediately after planting, in a portion of stem with at least one lateral bud. The highest concentration of root biomass is found near the surface and decreases exponentially with depth. In addition, other environmental factors are related to the root development and sprouting. Therefore, this paper addresses the physiology of the development of sugarcane crops correlated with the initial stage of development.

**KEYWORDS:** Root development, lateral buds, tillering.

## INTROUÇÃO

O Brasil é um dos mais tradicionais produtores de cana-de-açúcar no mundo (MELO *et al.*, 2006). E também o país mais avançado, do ponto de vista tecnológico, na produção e no uso do etanol como combustível. Atualmente a produção mundial de álcool aproxima-se dos 40 bilhões de litros, dos quais se presume que até 25 bilhões de litros sejam utilizados para fins energéticos. O Brasil responde por 15 bilhões de litros deste total (Plano Nacional de Agroenergia, 2005).

Com a implementação do Plano Nacional de Agroenergia em 2005 e as atenções mundiais voltando-se para o caso de sucesso do etanol do Brasil, o álcool de cana-de-açúcar passou a atrair ainda mais atenção como alternativa energética renovável. Se a economia do país continuar em crescimento nos próximos anos, a produção de cana-de-açúcar deverá aumentar pelo menos 6% ao ano, para suprir o mercado interno. O ideal seria um crescimento acima de 8%, para abastecer o Brasil e exportar o excedente. A produção de açúcar deverá crescer até atingir 46 milhões de toneladas na safra 2019/20, segundo estimativas da AgraFNP. Já a produção de etanol continuará em expansão, graças ao consumo cada vez maior do biocombustível, atingindo 65 milhões de litros produzidos em 2019/10 (AGRIANUAL, 2010).

A expansão dos canaviais deve ocorrer, num futuro próximo, em Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Nos próximos anos, os novos plantios de cana-de-açúcar podem ultrapassar um milhão de hectares nesses estados. As principais regiões brasileiras produtoras são Centro Sul e Nordeste, o que permite dois períodos de safra, de abril a novembro e de setembro e abril, respectivamente, proporcionando o desenvolvimento da cultura nas mais variadas condições climáticas (TAVARES, 2009).

### Diferenciação celular para a formação de raízes

A maioria das raízes adventícias de estacas de plantas herbáceas, originam-se de grupos de células parenquimáticas vivas, de paredes delgadas, capazes de se tornarem meristemáticas (WEAVER, 1972).

Segundo o mesmo autor os primórdios radiculares, são grupos pequenos de células meristemáticas que seguem dividindo-se e formando grupos compostos de células pequenas que se desenvolvem amplamente para formar os novos primórdios de raízes. A divisão celular continua e logo cada grupo de células começam a formar a estrutura da ponta da raiz (coifa). Observa-se também o desenvolvimento do sistema vascular nos primórdios da nova raiz, que se conecta com os vasos vasculares adjacentes.

Weaver (1972) demonstra ainda que as raízes surgem depois da aplicação de reguladores de crescimento vegetal que são de origem similar ao que a planta produz, no entanto as características tanto das raízes como a sua disposição no tolete podem variar consideravelmente. Altas concentrações de reguladores de crescimento podem produzir anormalidades na formação de raízes e necrose de tecidos.

### Formação das raízes

Nos campos comerciais de cana-de-açúcar, o plantio é feito através da propagação vegetativa. Os órgãos da gema e primórdios radiculares estão no estado

latente, e havendo condições favoráveis, sendo a principal a adequada disponibilidade de água, passam para o estado ativo de crescimento e desenvolvimento, devido às mudanças de reservas nutritivas pela atividade de enzimas reguladoras de crescimento (DILLEWIJN, 1952). Após o momento em que a muda é coberta com solo, se houver disponibilidade hídrica, inicia-se o processo de ativação das enzimas e hormônios que controlam a divisão e o crescimento celular, tanto das gemas quanto dos pontos dos primórdios das raízes na zona radicular.

Melo *et al.* (1995) estudou a disponibilidade das substâncias de reservas em toletes que possuíam uma e duas gemas vegetativas, obtidos das partes apical, média e basal da planta de cana-de-açúcar. Semanalmente durante 42 dias, os autores realizaram coletas de amostras de cada porção de 2,5cm dos toletes para avaliar a matéria seca, os teores de proteínas solúveis totais, a sacarose e os açúcares redutores. O estudo observou duas fases distintas; uma até os 21 dias, quando ocorreram aumentos acentuados nos teores de proteínas solúveis e de aminoácidos livres e reduções lentas nos teores dos açúcares solúveis totais e da sacarose. A outra fase ocorreu dos 21 aos 42 dias após o plantio, quando foram observados aumentos menos acentuados nos teores de proteínas e reduções consideráveis nos teores de aminoácidos, açúcares solúveis totais e de sacarose. Observa-se que uma seqüência temporal fica caracterizada na mobilização inicial das substâncias de reservas, em que a primeira fase ocorre a formação do aparato para o início da utilização das reservas, já na segunda fase ocorre a utilização das reservas em ritmo acelerado.

O desenvolvimento do sistema radicular inicia-se logo após o plantio em uma porção do colmo com pelo menos uma gema lateral. As primeiras raízes formadas são as raízes primárias que emergem de uma parte dos primórdios da raiz acima da cicatriz da folha sobre os nós (DILLEWIJN, 1952; GLOVER, 1967). As raízes primárias podem surgir no prazo de 24 horas após o plantio (GLOVER 1967) e esse tempo varia entre as variedades (VENKATRAMAN & THOMAS, 1922). As raízes primárias são finas e altamente ramificadas que sustentam a planta nas primeiras semanas após a germinação do tolete. As raízes secundárias são o segundo tipo de raízes que se formam da base do novo rebento 5 a 7 dias após o plantio, estas raízes são mais grossas que as primárias e são responsáveis por desenvolverem o sistema radicular principal da planta (DILLEWIJN, 1952). As raízes primárias continuam a crescer por um período de 6 a 15 dias depois do plantio, a partir do momento em que as raízes secundárias começam a retirar água e nutrientes do solo e nutrir a parte aérea da planta, então, às raízes primárias entram em senescência e desaparecem entre 60 a 90 dias (GLOVER, 1967). Em três meses as raízes primárias ocupam menos de 2% da massa seca das raízes (DILLEWIJN, 1952).

Evans (1936) observou que as raízes secundárias se diferenciam funcionalmente em três tipos no desenvolvimento da cana-de-açúcar. As primeiras raízes que saem da base dos novos rebentos são grossas e crescem para baixo em direção ao subsolo até uma profundidade de 1,5m, elas são adaptadas a dar a sustentação à planta. Raízes emergentes dos nós superiores possuem o formato mais fino e são mais ramificadas que se estendem lateralmente formando uma densa rede de raízes “superficiais” responsáveis pela absorção de água e nutrientes. A terceira classe de raízes são formadas pela aglomeração vertical de raízes que chegam a penetrar até a profundidade de 6 metros no solo tendo assim ao acesso a reservas de água. Este padrão de desenvolvimento radicular se repete em cada perfilho criando assim a arquitetura do sistema radicular da cana-de-açúcar.

### **Crescimento e distribuição das raízes**

As raízes primárias possuem uma alta taxa de alongação, chegando a 20mm em alguns dias após o início do desenvolvimento sob condições favoráveis (GLOVER, 1967). As raízes secundárias crescem mais rapidamente, com taxas de alongação estabelecidas acima de 80mm por dia, no entanto estes níveis são observados por um curto período de tempo (DILLEWIJN, 1952; GLOVER, 1967). A taxa média de crescimento para as raízes secundárias depois de 10 dias é de 40mm por dia em solos arenosos e de 28mm por dia em solos argilosos (GLOVER, 1967). Os estudos de Smith et al. (2005) demonstram que em áreas de cultivo de cana-de-açúcar em sequeiro, as taxas de alongação são maiores quando comparadas com o cultivo irrigado.

A maior concentração de biomassa de raízes é encontrada perto da superfície e diminui exponencialmente com a profundidade. Aproximadamente 50% da biomassa radicular ocorre nos primeiros 20cm de solo e 85% na camada de 0 a 60cm (BLACKBURN, 1984; VASCONCELOS 1998). Com o passar do desenvolvimento da cultura há uma variação nesse comportamento, isso devido a alternância de raízes vivas e mortas (AGUIAR, 1978).

O crescimento e a distribuição das raízes são fortemente afetados pelo suprimento e distribuição de água no solo, causando diferenças na exploração dos recursos que estão em uma maior profundidade (SMITH, 2005). Segundo Baran *et al* (1974), que comparou a distribuição de raízes em cultivos irrigados e de sequeiro, observa-se que as raízes das plantas com baixa frequência de irrigação estão distribuídas mais profundamente daquelas plantas que são bem irrigadas.

Raízes profundas reduzem a vulnerabilidade da cultura à deficiência de água no solo, pela capacidade dessas raízes captarem a água que fica reservada em camadas mais profundas (WOOD & WOOD, 1967).

Depois do corte da cana, o sistema radicular antigo mantém-se em atividade por algum tempo e, durante esse período, é substituído pelas raízes dos novos perfilhos da soqueira, sendo esse processo lento e gradual. As raízes da soqueira são mais superficiais que as da cana-planta pelo fato de os perfilhos das soqueiras brotarem mais próximo da superfície (FARONI & TRIVELIN, 2006). Pelo mesmo fato, quanto maior o número de cortes, mais superficial é o sistema radicular das soqueiras (BACCHI, 1983).

O desenvolvimento do sistema radicular de culturas perenes e semi-perenes, como a cana-de-açúcar, apresenta um agravante, no que se refere à renovação de raízes entre ciclos, ou no mesmo ciclo, tornando-se necessária a identificação de raízes vivas ou metabolicamente ativas em uma massa total amostrada (FARONI, 2004).

O desenvolvimento do sistema radicular é típico para cada espécie, havendo crescimento acumulativo durante os ciclos da cultura, da cana-planta para as socas nos sucessivos cortes (colheitas), a morte ou a renovação do sistema radicular não é causada pela colheita da cultura e sim pela deficiência hídrica, independentemente da fase de desenvolvimento (AGUIAR, 1978; VASCONCELOS, 2002). O sistema radicular da cana-de-açúcar (rizomas e raízes) é essencial para a rebrota das soqueiras, uma vez que cumpre o papel de reserva orgânica energética e nutricional (CAMARGO, 1989; MALAVOLTA, 1994; TRIVELIN *et al.*, 2002). Ao mesmo tempo em que ocorre a brotação das socas, um novo sistema radicular é formado, e algumas raízes vivas são importantes para alimentar os rebentos na fase inicial de desenvolvimento (CASAGRANDE, 1991). Segundo Russel & Fillery (1996), poucos estudos sobre raízes têm sido desenvolvidos e os procedimentos adotados na avaliação do nitrogênio de sistema radicular raramente recuperam as raízes finas e as rizodeposições. Os estudos de Faroni (2006) sugerem o uso do marcador isotópico  $^{15}\text{N}$ , via aplicação foliar, para

analisar o sistema radicular da cana-de-açúcar, pois  $^{15}\text{N}$  é translocado até a parte subterrânea da planta, permitindo identificar e quantificar raízes vivas.

### **Fatores ambientais no desenvolvimento radicular e na brotação**

A temperatura interfere na velocidade das reações bioquímicas e na ação de enzimas envolvidas na divisão, diferenciando o crescimento celular e, portanto, é um dos fatores que mais influenciam na brotação.

Clements et al (1952), relataram que  $19,5^{\circ}\text{C}$  seria uma temperatura que estaria próxima do ponto na qual a atividade de crescimento é nula. Por outro lado, Gasho *et al.* (1973) observaram que não existe um ótimo de temperatura, se muito alta ou muito baixa, pode causar decréscimo na produção. Analisando a influencia da temperatura durante a brotação sobre o número de colmos industrializáveis por touceira, verificaram que o ótimo estava entre  $30^{\circ}\text{C}$ , e a equação que representa essa tendência, seria:

$$Y=8,46 + 0.60X - 0,009X^2$$

onde: Y representa o número de colmos por touceira e X a temperatura de brotação ( $10,20,30,40$  e  $50^{\circ}\text{C}$ ). Os autores citaram também que temperaturas acima de  $35^{\circ}\text{C}$  podem reduzir muito a produção final.

No que diz respeito a disponibilidade de água, a deficiência hídrica no solo pode prejudicar ou impedir a brotação das gemas, e isso depende da intensidade e da duração do período de deficiência hídrica. A umidade adequada para a brotação pode variar em função da região, da classe de solo e principalmente de condições físicas do solo, como aeração, densidade e condutibilidade hidráulica. Casagrande (1991) sugere que mais importante que aferir a umidade do solo é a determinação do potencial em que a água está retida do solo. Sing & Srivastava (1973) mostraram os efeitos dos diferentes níveis de retenção de água no solo sobre o desenvolvimento inicial dos brotos e raízes da cana-de-açúcar. O potencial próximo de zero é equivalente á condição de capacidade de campo, a qual proporcionou as melhores taxas de desenvolvimento inicial. O potencial de 15 atm, equivalente ao ponto de murcha permanente, resultou em uma porcentagem de brotação de 65,55% e redução na altura e peso de brotos e matéria seca, e comprimento das raízes.

Há de se ressaltar a importância da variedade plantada e da profundidade do lençol freático que precisa estar pelo menos a 1 metro de profundidade (VASCONCELOS *et al.*, 2003).

A umidade do solo tanto em falta como em excesso pode prejudicar a brotação. A umidade e a aeração do solo são independentes, principalmente em solos pesados, onde o excesso de umidade pode promover a deficiência da aeração. Isso porque o processo de brotação é caracterizado por um considerável aumento na respiração e, em função disso, a aeração do solo torna-se um fator de importância (DILLEWIJN, 1952).

### **Dominância apical no desenvolvimento da brotação**

A dominância da gema do ápice do colmo é verificada pelo não desenvolvimento das gemas laterais, que permanecem num estado de dormência. Quando a gema do ápice é removida ou morta, as gemas laterais podem desenvolver-se, produzindo brotos (DILLEWIJN, 1952). Quando a planta está em crescimento ativo, sua gema apical produz auxinas que se translocam do ápice vegetativo para a base, induzindo a dimensão dos tecidos recém formados e conseqüentemente alongamento.

Dentre os reguladores vegetais que exercem considerável efeito auxínico, destacam-se o ácido indolacético (AIA), o ácido naftalenoacético (ANA) ácido indolbutírico e o ácido diclorofenoxiacético-2,4D (CASAGRANDE 1991).

### **Brotação e perfilhamento**

Quatro são os estádios fenológicos da cana: brotação e emergência dos brotos, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação (CÂMARA, 1993).

Assim como ocorre nas gramíneas, após o processo de brotação das gemas, os perfilhos começam a aparecer (processo chamado perfilhamento), que ocorre abaixo da superfície do solo (CASAGRANDE, 1991).

Em cana planta, os colmos originários das gemas dos toletes plantados são chamados de primários, e são menos desenvolvidos e com entrenós menores. Suas gemas dão origem aos colmos secundários, e estes aos terciários, assim sucessivamente, que são mais longos e mais grossos que os primários. Segundo Lucchesi (2001) as canas que mais perfilham são as mais finas. Rocha (1984) observou, em cana planta, um perfilhamento que se processou até aos perfilhos terciários, mas com maior número de secundários. Durante o ciclo da cultura, porém, a imensa maioria dos perfilhos terciários desapareceu, chegando à época da colheita com uma predominância dos perfilhos secundários sobre os primários.

A intensidade de perfilhamento é variável entre diferentes cultivares podendo ocorrer até quatro meses após o plantio (10 a 20 perfilhos) e em virtude da competição natural por água, nutrientes e luz há um decréscimo posterior no número de brotações (CASTRO & CHRISTOFOLETTI, 2005). Nas gramíneas em touceiras, como a cana-de-açúcar, a ramificação subsuperficial é limitada, ocorrendo à formação de inúmeras hastes eretas, caracterizando o conjunto como plantas individuais (DILLEWIJN, 1952).

Silva *et al* (2007), estudando o perfilhamento em genótipos de cana-de-açúcar, observou que o incremento do número de perfilhos por metro se deu até os 180 dias após o corte da cana soca e após este período houve uma drástica redução nesse número, ocorrendo sua estabilização entre 270 e 360 dias, o autor também observou que o aumento no número de perfilhos se deu até os seis meses de idade da cultura e posterior redução de até 50 %, seguida de estabilização a partir dos nove meses tanto em cana planta como em cana soca, sendo esta uma característica fisiológica da cultura que foi observada por outros autores (DILLEWIJN, 1952; CASTRO & CHRISTOFOLETTI, 2005). Com a morte de perfilhos a seiva é translocada e redirecionada aos perfilhos sobreviventes, que estão melhores dispostos e maiores (relação fonte-dreno). Neste caso, as raízes dos perfilhos fracos morrem e ocorre renovação de raízes, geradas pelos perfilhos restantes (TAYLOR & ARKIN, 1981)

De um modo geral, a brotação e o início do perfilhamento tendem a ser mais lentos sob a camada de palha residual da colheita mecanizada do que na ausência deste. Isso se deve ao fato de que a palha atua como barreira mecânica e, principalmente, como redutor da luminosidade para os primeiros perfilhos brotados, enquanto estes ainda estão sob a palhada, determinando redução do processo fotossintético inicial (VASCONCELOS, 2002).

Existe também a possibilidade de que os compostos fenólicos aleloquímicos liberados pela palhada, além do seu efeito sobre as plantas daninhas, venham a causar intoxicação da própria cultura (VELINI & NEGRISOLI, 2000). A grande quantidade de resíduos e, por conseguinte, de lixiviados da palha de cana pode causar redução na brotação de perfilhos da cana. Este fenômeno é conhecido como auto-alelopatia. Em áreas com cana crua observa-se, em alguns casos, a ocorrência da rebrota desuniforme

(MEDEIROS, 2001). É muito provável que a sensibilidade maior ou menor da cana seja uma característica varietal (GOMIDE 1993).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fisiologia do desenvolvimento radicular, brotação e do perfilhamento da cana-de-açúcar é regido sistematicamente pelo ambiente conjuntamente com as características bioquímicas e morfológicas da planta.

A suplementação hídrica é o principal fator que influencia desde a formação dos primórdios radiculares do tolete à distribuição das raízes no perfil do solo.

Quando a quantidade de água for adequada ao tolete há a formação das raízes primárias que darão sustentabilidade ao tolete para a emissão das raízes secundárias que irão formar o aparato radicular definitivo. O início da senescência nas raízes primárias se dará ao momento em que as raízes secundárias tornarem-se ativas. Há três tipos de raízes secundárias e cada uma com a sua função: raízes da base dos rebentos são adaptadas a dar a sustentação a planta; raízes emergentes dos nós superiores caracterizam-se pela absorção de água e nutrientes; e a terceira são raízes formadas pela aglomeração vertical de raízes que atingem até 6m de profundidade responsável por obter acesso às reservas de água no solo.

Comparando as taxas de alongação das raízes tem-se que as primárias possuem uma taxa de até 20mm por dia nos primeiros dias do início de desenvolvimento, já as raízes secundárias chegam a ter taxas estabelecidas acima de 80mm por dia. Este tipo de crescimento é influenciado diretamente pelas diferentes classes de solo.

A profundidade de locação das raízes torna-se um fator intrínseco da resistência da cultura ao estresse hídrico. Raízes profundas diminuem o acometimento da cultura a deficiência hídrica da cultura.

Uma concentração considerável de raízes é encontrada na superfície do solo, e é diminuída a medida alcança-se maiores profundidades. Decorrente a este fato, culturas de cana-de-açúcar estabelecidas no sistema de sequeiro, apresentam maiores profundidades das raízes quando comparadas com o cultivo irrigado.

No que diz respeito aos cultivos de cana-de-açúcar, a cana soca apresenta as raízes localizadas mais superficialmente do que as da cana-planta pelo fato de os perfilhos das soqueiras brotarem mais próximo da superfície.

Os fatores de notável influência para a brotação dos perfilhos e a formação da parte aérea da planta de cana-de-açúcar são a temperatura, umidade e os endógenos, principalmente a ação de hormônios como a auxina. A temperatura influencia na brotação devido a interferência na velocidade das reações bioquímicas e na ação de enzimas envolvidas na divisão celular. As temperaturas ótimas para o desenvolvimento adequado da brotação está entre 19,5° a 30°. A falta de água prejudica ou impede a brotação das gemas, e a ação de hormônios endógenos induz diretamente o nível de perfilhamento que o cultivo apresentará.

A intensidade de perfilhamento é variável entre diferentes cultivares podendo ocorrer até quatro meses após o plantio. O aumento no número de perfilhos se dá até os 180 dias, após este período há uma drástica diminuição estabilizando entre 270 a 360 dias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AgraFNP. **Consultoria e Informações no Agronegócio**. 2010. Disponível em: <<http://www.fnp.com.br>>. Acesso em: 10 out. 2010.

AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo. FNP: Consultoria & Comércio, 2010.

AGUIAR, S.F. **Observações sobre sistema radicular de cana planta (*Saccharum spp.*)**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. 1978. 24p.

BACCHI, O.O.S. Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983. p. 24-37.

BARAN, R.; BASSEREAU, D.; GILLET, N. Measurement of available water and root development on an irrigated sugarcane crop in the Ivory Coast. **Proceedings of International Society of Sugarcane Technologists**, v. 15, p. 726–735, 1974.

BLACKBURN, F. **Sugarcane**. New York: Longman, 1984. 414p.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cana de açúcar. In: CÂMARA, G.S.M.; OLIVEIRA, E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, p. 31-1993, 64.

CAMARGO, P. B. **Dinâmica do nitrogênio dos fertilizantes uréia (15N) e aquamônia (15N) incorporados ao solo na cultura de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1989. 104p.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos da morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASTRO, P. R. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: Controle biológico**. 1 ed. Maceió: Insecta, p.3-48, 2005.

CLEMENTS, H. F.; SHIGEURA, G.; AKAMINE, E. K. **Factors affecting the growth of sugarcane**. College of Agriculture, University of Hawaii. Honolulu, 1952. 90p.

DILLEWIJN, C. N. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronic Botanica, 1952, 371p.



EVANS, H. The root-system of the sugar-cane: II. Some typical root-systems. **Empire Journal of Experimental Agriculture**, v. 4, p. 208–221, 1936.

EVANS, H. The root-system of the sugar-cane: I. Methods of study. **Empire Journal of Experimental Agriculture**. v. 3, p. 351–363, 1935.

FARONI, C. E. **Sistema radicular de cana-de-açúcar e identificação de raízes metabolicamente ativas**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2004. 68p.

FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O. Quantificação de raízes metabolicamente ativas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 1007-1013, 2006.

GASHO, G. L.; RUELKE, O. C.; WEST, S. H. Residual effect of germination temperature in sugarcane. **Crop Science**, v. 13, p.274-276, 1973.

GLOVER, J. The simultaneous growth of sugarcane roots and tops in relation to soil and climate. **Proc. S. Afr. Sugar Technol. Assoc.** v. 41, p. 143–159, 1967.

GOMIDE, M. B. **Potencialidades alelopáticas dos restos culturais de dois cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no controle de algumas plantas daninhas**. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993. 99p.

LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). In: Castro, P.R.C.Kluge, R.A. **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro; dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. p.13-45.

MALAVOLTA, E. **Fertilizing for high yield sugarcane**. Basel: IPI, 1994. 104p.

MEDEIROS, D. **Efeitos da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sobre o manejo de plantas daninhas e dinâmica do banco de sementes**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001. 126p.

MELO, G. A; ALVES, J. D.; OLIVEIRA, L. E. M. D. Propagação da cana-de-açúcar – alterações dos componentes de reservas do tolete durante a brotação. **STAB-Açúcar Álcool e Subprodutos**, v. 13, n. 5, p. 10-15, 1995.

MELO, L.J.O.T.; OLIVEIRA, F.J.; BASTOS, G.Q.; FILHO, C.JA.; REIS.O.V. Interação genótipo x ciclos de colheita de cana-de-açúcar da zona da mata norte de Pernambuco. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 197-205, 2006.

PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA - PNA 2006-2011. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília. DF. 2005. 118p.

ROCHA, A. M. C. **Emergência, perfilhamento e produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função das épocas de plantio no Estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984. 154p.

RUSSEL, C. A.; FILLERY, I. R. P. In situ <sup>15</sup>N labelling of lupin belowground biomass. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, p. 1035-1046, 1996.

SILVA, M. A.; GAVA, G. J. C.; CAPUTO, M. M.; PINCELLI, R. P.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 545-552, 2007.

SINGH, S.; SRIVASTAVA, K. K. Effects of soil-water potential on germination of sugarcane setts. **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 44, p. 184-187, 1973.

SMITH, D. M.; INMAN-BAMBER, N. G.; THORBURN, P. J. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**, v. 92, p. 169-183, 2005.

TAVARES, A. C. S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo.** Tese (Doutorado). Piracicaba: ESALQ/USP, 2009, 220p.

TAYLOR, D.; ARKIN, G. F. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: TAYLOR, H. M.; ARKIN, G. F. (Ed.). **Modifying the root environment to reduce crop stress.** St. Joseph : ASAE, 1981, p. 3-16.

TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W.; GAVA, G. J. C.; SARRIÉS, G. A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, 2002.

VASCONCELOS, A. C. M. **Comportamentos de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, 1998. 108p.

VASCONCELOS, A. C. M., CASAGRANDE, A. A., PERECIN, D. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 27, n. 5, p. 849-858, 2003.

VASCONCELOS, A. C. M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual.** Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002. 140p.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: Congresso brasileiro da Ciência das Plantas daninhas, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: SBCPD, v. 22, p. 148-165. 2000.

VENKATRAMAN, T. S.; THOMAS, R. Sugarcane root systems: studies in development and anatomy, **Agriculture Journal of India**, v. 17, p. 381-388, 1922.

WEAVER, R. J.; **Reguladores del crecimiento de las plantas em la agricultura.** Editorial Trillas, Mexico. 1972. 605p.