

EFEITO DAS XILOGLUCANAS DE SEMENTES E DERIVADOS NO CRESCIMENTO DE

Arabidopsis thaliana

EFFECT OF SEED XYLOGLUCANS AND DERIVATES ON THE GROWTH OF *Arabidopsis thaliana*

Adriana Tourinho Salamoni¹ Maria Rita Sierakowski² Janice Pinheiro Boeira³

Oscar Augusto Risch Neto⁴ Marguerite Quoirin⁵

RESUMO

Estudos realizados com xiloglucanas (XG) extraídas de sementes de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) mostraram que esse biopolímero apresenta atividade biológica, promovendo o crescimento de coleótilos de trigo. Na micropropagação da macieira, foi mostrado que o meio de cultura contendo uma mistura de XG e ágar leva à formação de maior número de brotações com raízes e maior comprimento dessas que o meio solidificado com ágar. O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito da XG de sementes de jatobá coletadas em Sinop/MT (XGS) e em Cuiabá/MT (XGC) e da XGC hidrolisada com uma celulase (XGCH), além da XG de sementes de *Tamarindus indica* L. (XGT) coletadas na Bahia/BA, no crescimento de plântulas de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. cultivadas *in vitro*. No primeiro experimento, XGCH (0,25; 25 e 250 nM) ou XGC (0,5; 50 e 500 nM) foram acrescentadas a um meio MS ½ líquido. O segundo experimento comparou as XGs das diferentes fontes: XGC (500 nM), XGS (1200 nM) e XGT (800 nM), usando meio de cultura solidificado com 6 g.L⁻¹ de ágar. Sementes de *Arabidopsis thaliana* recém-germinadas em placas de petri, durante 4-5 dias, foram colocadas nos meios de cultura com as diferentes concentrações de XGs, em sala de crescimento, para obtenção de plântulas. Quando plântulas foram cultivadas em meio de cultura líquido, houve diminuição do crescimento das raízes na presença da XGC e de XGCH na concentração mais alta e o efeito foi inverso na concentração mais baixa. Em meio de cultura semi-sólido, as XGs também inibiram o crescimento. Concluiu-se que as XGs apresentam papel biológico nas plântulas de *Arabidopsis thaliana*, estimulando ou inibindo o crescimento do sistema radicular e a formação de raízes laterais. Esses efeitos opostos variaram em função da espécie vegetal doadora das sementes contendo XG, do local de coleta das sementes, da forma da XG usada (hidrolisada ou não) e da sua concentração nos meios de cultura.

Palavras-chave: atividade biológica; xiloglucana; oligossacarídeos.

ABSTRACT

Studies on xyloglucan (XG) extracted from *Hymenaea courbaril* L. (jatoba) seeds showed that this biopolymer has biological activity that enhanced wheat coleoptiles growth. In apple tree micropropagation, the culture medium containing XG combined with agar induced a higher multiplication rate, rooting rate and root length than medium solidified with agar only. The purpose of this study was to determine the effect of XG from jatobá seeds extracted from jatoba seeds collected in Sinope/MT (XGS) and Cuiabá/MT (XGC), and from XGC hydrolysed with a cellulase (XGCH), as well from *Tamarindus indica* seeds (XGT) collected in Bahia/BA, on the growth of *in vitro* cultured *Arabidopsis thaliana* plantlets. In the first experiment, XGCH (0.25, 25 and 250 nM) or XGC (0.5, 50 and 500 nM) were added to a liquid half-strength MS medium. In the second experiment, XGs from several origins were compared: XGC (500 nM), XGS (1200 nM) and XGT (800 nM), using culture medium solidified with 6 g.L⁻¹ agar. *Arabidopsis thaliana* L. seeds germinated in Petri plates for 4 to 5 days were transferred to culture media containing the different concentrations of XGs and cultured in a growing room. When the plantlets were cultured in a liquid medium,

1. Engenheira Agrônoma, Dr^a., Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Florestal, CESNORS-FW, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro s/n, Caixa Postal 54, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). adrisalamoni@smail.ufsm.br
2. Farmacêutica e Bioquímica, Dr^a., Professora Adjunta do Departamento de Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, CEP 81531-990, Curitiba (PR). mariarita.sierakowski@ufpr.br
3. Licenciada em Matemática, MSc., Técnica em Assuntos Educacionais, CESNORS-FW, Universidade Federal de Santa Maria, Linha Sete de Setembro s/n, Caixa Postal 54, CEP 98400-000, Frederico Westphalen (RS). janicepbo@smail.ufsm.br
4. Acadêmico de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, CEP 81531-990, Curitiba (PR). florestaufpr@hotmail.com
5. Engenheira Agrônoma, Dr^a., Professora Adjunta do Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, CEP 81531-990, Curitiba (PR). mquoirin@ufpr.br

Recebido para publicação em 8/03/2007 e aceito em 26/05/2008.

their growth was very slow in the presence of XGC and XGCH at the highest concentration tested, and it was faster at the lowest concentration. In the semi-solid culture medium, XGs also reduced growth. It was concluded that XGs can play a biological role in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. plantlets, stimulating or inhibiting the root system growth and the lateral root formation. These opposite effects varied according to the plant specie that furnished the seeds containing XG, as well as the place where the seeds were collected, to the XG form used (hydrolyzed or not) and to its concentration in the culture media.

Keywords: biological activity; xyloglucan; oligosaccharides.

INTRODUÇÃO

Existe um grupo de oligossacarinas, derivadas da xiloglucana (XG), que pode constituir moléculas biologicamente ativas (McDOUGALL e FRY, 1990; FRY *et al.*, 1993; CUTILLAS-ITURRALDE e LORENCES, 1997; VISSENBERG *et al.*, 2001; LORENCES, 2004). Segundo Lorences e Fry (1993), para obter o efeito inibitório dos oligossacarídeos (XGOs) de XG, esses têm que estar numa concentração de cerca de 10^{-3} μ M. Para promover o crescimento das plantas, a concentração do XGO exigida é mil vezes maior. Vargas-Rechia *et al.* (1998) utilizaram um XGO obtido de XG de sementes de jatobá (XXLGoI) e observaram a promoção do crescimento de coleótilos de trigo. Entretanto, quando usaram XXFGol e 2'-fucosil-lactose, o efeito observado foi antiauxínico. Dunand *et al.* (2000) salientaram que, para que os XGOs de XG inibam o crescimento induzido por hormônio, é necessária a presença da fucose na cadeia lateral da XG.

A XG é a principal hemicelulose que aparece na parede celular primária das Fanerógamas e está presente também como polissacarídeo de estocagem de sementes de muitas dicotiledôneas (especialmente leguminosas) (LIMA e BUCKERIDGE, 2001; REITER, 2002). Takeda *et al.* (2002) mostraram que o crescimento celular pode ser controlado pelo tamanho molecular da XG e pela forma com que ela é incorporada à parede celular. Então, a conformação da XG é que pode, ou não, promover melhor interação com a celulose da parede. Segundo os autores, a XG raramente serve como substrato acceptor e a combinação, por interação molecular, enzima-XGO é necessária para induzir a extensão da parede celular. Esse processo leva à expansão da célula e ao crescimento, sendo induzido pela presença de XGOs. Conforme mostraram Albersheim e Darvill (1985), além do papel estrutural, a parede celular é também uma reserva de precursores que, uma vez liberados, são capazes de comandar uma série de funções na planta, que incluem a defesa contra moléstias, o crescimento e a diferenciação. Essas substâncias são as oligossacarinas, fragmentos recortados por enzimas particulares da parede celular.

O Grupo de Carboidratos e o de Polímeros Naturais para Biotecnologia da UFPR vem estudando a estrutura e as propriedades da XG extraída de sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril*), que tem ampla distribuição natural no País. A XG bruta já foi combinada com ágar, obtendo-se interação entre os dois polissacarídeos e formação de um gel verdadeiro. Os géis foram testados em culturas *in vitro* de cenoura e na micropropagação da macieira e a XG não apresentou efeito inibitório sobre as culturas (LIMA-NISHIMURA, 2002; LIMA-NISHIMURA *et al.*, 2003). Na cultura de tecidos *in vitro*, o custo dos reguladores de crescimento e das substâncias usadas para geleificar os meios de cultura é elevado, o que motivou nosso interesse em estudar os efeitos da XG nesse sistema. Este trabalho teve como objetivo obter esclarecimento sobre o efeito de várias xiloglucanas no crescimento de plantas de *Arabidopsis thaliana* cultivadas *in vitro*, a fim de possibilitar a sua aplicação na cultura de tecidos vegetais.

MATERIAL E MÉTODO

Utilizou-se a XG extraída de sementes de jatobá coletadas em Cuiabá (XGC) e Sinop (XGS) (MT). A hidrólise enzimática da XGC foi realizada conforme descrito por Salamoni (2004), e o produto foi chamado XGCH. Além disso, utilizou-se a XG extraída de sementes de tamarindo (XGT) coletadas na Bahia. A composição da XGCH foi determinada por um sistema de troca iônica (Dionex DX 500), usando coluna "Carbopack" e detector de pulso amperométrico. O eluente utilizado foi NaOH 88 mmol.L⁻¹ com gradiente de NaOAc 0,5 mol.L⁻¹ de 7 a 15%.

O meio de cultura básico, para o cultivo *in vitro*, foi o MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962). Nos meios de cultura semi-sólidos, foi usado o ágar MERCK® 1615 a 6 g.L⁻¹. Todas as soluções tiveram o pH ajustado para 5,8 antes da adição do ágar. Os cálculos das concentrações de XGs usadas nos meios de cultura foram baseados na massa molar do polissacarídeo: XGC = 2,2.10⁶ g.mol⁻¹; XGS = 1,05.10⁶ g.mol⁻¹; e XGT = 1,1.10⁶ g.mol⁻¹, mantendo-se a mesma massa para as três XGs. Utilizaram-se 30 mL de meio de cultura semi-

sólido em placas de Petri e 2 mL de meio de cultura líquido em tubos de ensaio. Os meios de cultura foram autoclavados a 120°C por 20 min e distribuídos nos recipientes específicos em capela de fluxo laminar. Os cultivos foram mantidos em sala de crescimento à temperatura de 26±2°C, fotoperíodo de 16, luz fluorescente (Philips® branca comfort) de tipo “luz do dia” e densidade de fluxo de fótons de 40 μmol.m⁻².s⁻¹.

As sementes de *Arabidopsis thaliana* (var. Columbia O.) foram desinfestadas usando EtOH 70% (v/v) durante 30 segundos, seguida de NaOCl a 2,5% (v/v) durante 20 minutos e, finalmente, lavadas com água destilada estéril. A seguir, foram colocadas para germinar em placas de Petri contendo meio de cultura MS semi-sólido com metade da concentração de sais minerais e vitaminas (MS ½) e 2,9.10⁻² M de sacarose. As placas foram mantidas no escuro, à temperatura de 0±2°C e, após 20 hpras, transferidas para a sala de crescimento. As sementes recém-germinadas nas placas de Petri, com 4-5 dias, foram usadas nos experimentos posteriores.

Para todos os experimentos foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. No experimento em meio líquido, a XGC (0,5; 50 e 500 nM) ou a XGCH (0,25; 25 e 250 nM) foram acrescentadas ao meio de cultura MS ½ sem fitorreguladores, sem ágar e com 2,9.10⁻² M de sacarose. Como controle, utilizou-se o meio de cultura MS ½ sem o polissacarídeo. As culturas foram realizadas em tubos de ensaio de vidro de 15 x 160 mm. Em cada tubo foi colocada uma semente de *Arabidopsis thaliana*, que havia iniciado o processo germinativo em placas de Petri há cinco dias. O material permaneceu em sala de crescimento com agitação contínua em agitador rotatório a 50 rpm. Cada tratamento foi constituído de dez repetições com uma plântula cada. Após 7 e 14 dias foram avaliados o comprimento do hipocótilo e da raiz principal e o número de raízes laterais de cinco plantas. Os experimentos foram repetidos três vezes.

Além dos testes em meio de cultura líquido, foram realizados testes com as XGs brutas de sementes de várias fontes, a fim de comparar os efeitos de XGs com composições de XGOs diferente. Neste experimento, utilizou-se meio de cultura semi-sólido. A XGC (500 nM), XGS (1200 nM) ou XGT (800 nM) foram acrescentadas ao meio MS ½ semi-sólido (ágar a 6 g.L⁻¹) sem fitorreguladores, contendo 2,9.10⁻² M de sacarose. Utilizou-se o meio de cultura sem XG como controle. Sementes de *Arabidopsis thaliana*, que haviam iniciado o processo germinativo em placas de Petri há quatro dias, foram transferidas para placas de Petri com os meios de cultura específicos e permaneceram em sala de crescimento durante 14 dias. Cada tratamento foi constituído de duas repetições, com cinco plântulas cada. Após 7 e 14 dias, foram avaliadas as mesmas variáveis dos experimentos no meio líquido. O experimento foi repetido duas vezes.

A análise de variância (ANOVA) foi realizada com o auxílio do programa MSTAT (Michigan State University). Para comparação entre médias, foi usado o teste de Tukey com 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em meio de cultura líquido (Tabela 1), pode-se constatar que, aos 7 dias, houve maior crescimento do hipocótilo de *Arabidopsis thaliana* quando XGC e XGCH foram usadas nas menores concentrações, 0,5 e 0,25 nM respectivamente. Aos 14 dias, não houve diferença significativa entre esses tratamentos e o controle. Com a menor concentração de XGC e de XGCH, o crescimento da raiz foi significativamente maior que nos outros tratamentos, aos 7 e aos 14 dias, enquanto que a maior concentração de XGCH diminuiu o crescimento desse parâmetro. Há um indicativo da influência da concentração e do tipo de polissacarídeo usado, a XG bruta ou seu derivado hidrolisado. Aos 14 dias, houve uma diminuição significativa do crescimento da raiz, quando se adicionou ao meio de cultura XGC a 50 e 500 nM e XGCH a 250 nM. Nas concentrações de 0,25 nM de XGCH e de 0,5 e 50 nM de XGC, houve um aumento significativo no número de raízes laterais em relação ao controle, considerando o período de 7 e 14 dias. Na presença de 500 nM de XGC e 250 nM de XGCH, o número de raízes laterais diminuiu significativamente em relação ao controle.

A menor concentração de XGC e de seu hidrolisado proporcionou maior comprimento da raiz principal e do número de raízes laterais, em comparação com o controle (sem XGs), aumentando o sistema radicular das plântulas de *Arabidopsis thaliana*. Esses resultados indicam que o polissacarídeo, em baixas concentrações, estimula o enraizamento *in vitro*, podendo aumentar a área de absorção de água e nutrientes das plântulas. Em estudos anteriores realizados com o porta-enxerto de macieira Marubakaido e a cultivar Jonagored, Lima-Nishimura *et al.* (2003) já haviam observado maior número de brotações enraizadas e maior número e comprimento de raízes adventícias em meio de cultura MS com ácido indolilbutírico (AIB) a 0,25 ou 2,45 μM, substituindo parcialmente o ágar por XGS (0,4% de ágar + 0,2% de XGS). Esse resultado indicou que a utilização de polissacarídeos vegetais, aliada à redução da concentração de ágar nos meios de

cultura, para micropropagação da macieira, proporciona melhor enraizamento e reduz o custo dos meios de cultura.

TABELA 1: Efeito de xiloglucana de sementes de *Hymenaea courbaril* (L.) Heynh. no crescimento de plântulas de *Arabidopsis thaliana*, após 7 e 14 dias de cultivo *in vitro* em meio de cultura MS ½ líquido.

TABLE 1: Effect of xyloglucan from *Hymenaea courbaril* (L.) Heynh. seeds on growth of *Arabidopsis thaliana* plantlets, after 7 and 14 days in MS ½ liquid medium.

Tratamento	Comprimento médio do hipocótilo (cm)		Comprimento médio da raiz principal (cm)		Número médio de raízes laterais	
	7 d	14 d	7 d	14 d	7 d	14 d
MS 1/2	0,66BC	1,04A	1,62C	3,64D	3,00C	3,80D
XGCH ¹ 0,25 nM	1,10A	1,14A	5,30A	13,72A	13,00A	26,20A
XGCH 25 nM	0,84B	0,98AB	1,92C	5,42C	3,80C	7,80C
XGCH 250 nM	0,48C	0,50C	0,78D	0,86F	1,20D	1,00E
XGC ² 0,5 nM	1,08A	1,00AB	3,92B	6,28B	8,20B	9,00C
XGC 50 nM	0,80B	0,90AB	1,92C	2,02E	8,40B	14,00B
XGC 500 nM	0,64BC	0,76B	1,64C	2,00E	1,20D	1,00E

Em que: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹XG de sementes de jatobá de Cuiabá hidrolisada com celulase comercial; ²XG de sementes de jatobá de Cuiabá.

Para tentar compreender os efeitos observados, foi estudada a composição da XGCH. O perfil de eluição dos XGOs de sementes de jatobá de Cuiabá, que foram obtidos partindo de XGC, foi comparado com o perfil de XGOs da XG de jatobá estudado por Tiné *et al.* (2003). Observou-se um pico predominante, entre os tempos de retenção de zero e 10 minutos, que corresponde à quebra enzimática do polímero nas suas unidades monossacarídicas constituintes (glucose, xilose e galactose), que não foram separadas pela coluna. Observou-se também com um tempo de retenção próximo de 25 minutos, um pico que, comparando com o padrão usado, representa traços do oligossacarídeo XXLG. Entre 30 e 50 minutos, há também uma mistura de oligossacarídeos da série nova Glc₅ (XXXXG, XXXLG, XLXXG e XXLXG), identificados por Freitas *et al.* (2005). Os picos que aparecem depois de 50 min correspondem a oligossacarídeos de XG de maior massa molecular e que não foram digeridos pela enzima. Segundo resultados de Freitas *et al.* (2005), o XXLG está presente na XG na proporção de 41,5%. Assim, quando utilizou-se 0,25 nM de XGCH, o oligossacarídeo estaria presente numa concentração de 0,10 nM. Essa concentração pode ter provocado o aumento no crescimento das plântulas de *Arabidopsis thaliana*, apesar de ser muito menor que os 10⁻⁶ M usados por McDougall e Fry (1990), e o XXXG usado por Cutillas-Iturralde e Lorences (1997) e que, da mesma forma, mostraram aumento da expansão celular em ervilha.

Os efeitos observados na redução do crescimento das plântulas na presença de XGC e de XGCH nas maiores concentrações, 500 nM e 250 nM respectivamente podem estar relacionados com a estrutura da XG intacta e com o tamanho dos oligossacarídeos de XG presentes na mistura de XGCH. Esses são os Glc₅ encontrados na análise do pool de XGOs. Da mesma forma que a XG intacta, os Glc₅ podem ter sido incorporados à parede celular junto à celulose, impedindo o seu afrouxamento e a expansão da célula e, assim, diminuindo o crescimento. Naddaf (2002) já havia mostrado, partindo de dados do perfil de análise por HPLC, que a XG de sementes de jatobá não é quebrada durante a autoclavagem junto ao meio de cultura, permanecendo intacta nos meios usados para cultivo. Isso indica que XGOs não podem estar presentes no meio contendo XG, mas, sim, polissacarídeos de menor massa molar, já que o perfil de distribuição de massa molar obtido por HPSEC-MALLS mostrou grau de polidispersão. Lorences e Fry (1993) indicaram que as xiloglucanas endotransglicosilases, que são enzimas da parede celular, quebram a molécula de XG ligada à celulose e transferem o terminal redutor (XGO) para um substrato aceptor, seja outra molécula de XG ou um XGO. Mas, segundo Takeda *et al.* (2002), XG e XGO têm efeitos diferenciados e o crescimento celular pode ser controlado pelo tamanho molecular da XG e pela forma com que ela é incorporada à parede celular. Em entrenós de ervilha, constataram enrijecimento dos tecidos quando a XG foi aplicada e o afrouxamento da parede celular quando se utilizou XXXG. A XG raramente serviria como substrato aceptor e a combinação, por interação molecular, XET-XGO é necessária para induzir a extensão da parede celular. Esse processo

leva à expansão da célula e ao crescimento, sendo induzido pela presença de XGOs.

Em nosso trabalho, com 0,25 nM de XGCH, o comprimento da raiz principal aumentou em 327 e 377% e o número de raízes laterais aumentou em 433 e 689% em relação ao controle, aos 7 e 14 dias respectivamente. Na presença de 0,5 nM de XGC, o comprimento da raiz principal aumentou em 242 e 172% e o número de raízes laterais em 273 e 237% em relação ao controle, aos 7 e 14 dias. Além disso, uma concentração cem vezes maior de XGCH (50 nM), também foi capaz de induzir um aumento do número de raízes laterais, em 280 e 368% em relação ao controle, aos 7 e 14 dias. Isso é vantajoso para a aclimatização das plantas, porque pode permitir a raiz explorar uma maior área de solo e proporcionar um aumento da absorção de água e nutrientes, favorecendo o crescimento.

Após 7 dias de cultivo, houve atraso no crescimento do hipocótilo e da raiz principal quando se usou a XG das três fontes (Tabela 2). Entretanto, após 14 dias de cultivo, os tratamentos não apresentaram diferença significativa, exceto a redução no crescimento radicular quando se usou XGC e XGS. Houve redução do número de raízes laterais, tanto aos 7 como aos 14 dias, em relação ao controle, em todos os casos em que as XGs foram usadas. O efeito negativo mais pronunciado foi observado com a XGS. A XGT foi a que apresentou o menor efeito e a XGC foi intermediária.

A diferença na resposta observada entre as XGs de jatobá e a XG de tamarindo pode ser em razão da presença da seqüência Glc₅ no jatobá, ou seja, cinco unidades de glucose na sua cadeia principal. Segundo dados de Tiné *et al.* (2003), a XG de sementes de tamarindo apresenta padrões estruturais de oligossacarídeos compostos quase completamente de subunidades Glc₄ (XXXG, XLXG, XXLG e XLLG).

A XGC a 500 nM reduziu o crescimento da raiz e o número de raízes laterais, tanto em meio de cultura líquido (Tabela 1), quanto em meio semi-sólido (Tabela 2). Na mesma concentração molar utilizada com XGC e XGCH, a XGS também provocou redução no crescimento das plântulas de *Arabidopsis thaliana*. Para o comprimento do hipocótilo e da raiz principal aos 7 dias e para número de raízes laterais, aos 7 e 14 dias, o efeito do XGS foi maior do que do XGC. A diferença na proporção de alguns XGOs entre as XGs de Cuiabá e de Sinop, constatada por Freitas *et al.* (2005), especialmente na pequena variação na proporção relativa de XXXG, da mistura XLLG+XXXXG e de XXLXG, pode explicar o maior efeito de XGS sobre a XGC.

TABELA 2: Efeito de xiloglucana de sementes de diferentes espécies e locais no crescimento de plântulas de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., após 7 e 14 dias de cultivo *in vitro* em meio de cultura MS ½ semi-sólido.

TABLE 2: Effect of xyloglucan from seeds of different species and locations on growth of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. plantlets, after 7 and 14 days in MS ½ solid medium.

Tratamento ¹	Comprimento médio do hipocótilo (cm)		Comprimento médio da raiz principal (cm)		Número médio de raízes laterais	
	7 d	14 d	7 d	14 d	7 d	14 d
MS 1/2	0,60A	0,50A	5,94A	10,6A	11,00A	60,0A
XGC 500 nM	0,48B	0,48A	4,28B	7,55B	2,80C	35,2C
XGS 1200 nM	0,36C	0,48A	3,58C	7,78B	0,80D	18,2D
XGT 800 nM	0,44BC	0,50A	4,42B	9,75A	6,80B	52,0B

Em que: XGC e XGS = extraídas de sementes de jatobá de Cuiabá e Sinop respectivamente; XGT = extraída de sementes de tamarindo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹Concentração calculada utilizando o valor da massa molar ponderal média (M_w).

A maior ou menor proporção de alguns XGOs, atuando de forma diferente na parede celular, pode explicar a magnitude do efeito observado em *Arabidopsis thaliana*, tanto entre as XGs de jatobá, quanto entre estas e a XG de tamarindo. A diferença na composição de XGOs entre as XGs de sementes de jatobá de dois locais pode ser pelos fatores ambientais. Buckeridge *et al.* (1992) relataram, pela primeira vez, diferenças na estrutura das XGs de semente entre populações de *Copaiifera langsdorffii* D. de cerrado e de floresta. Além disso, a composição dos XGOs varia conforme as espécies das quais se extraem os XGs. A XG de sementes de tamarindo não contém os Glc₅, mas, sim, uma proporção menor de XXLG (36%) que a XG de sementes de jatobá de Cuiabá (41,5%) e de Sinop (42,7%) Da mesma forma que no meio de cultura líquido, os XGOs presentes nas XGs de sementes de jatobá (XGC e XGS) devem ter provocado maior

redução do crescimento das plântulas do que o XGT.

CONCLUSÕES

As XGs presentes nos meios de cultura apresentaram papel biológico nas plântulas de *Arabidopsis thaliana* cultivadas *in vitro*. O aumento no comprimento da raiz principal e no número de raízes laterais, com 0,25 nM de XGCH e com 0,5 nM de XGC, pode contribuir para o aumento da absorção de nutrientes e de água pelas plântulas *in vitro*, proporcionando um melhor desenvolvimento destas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq e à Fundação Araucária, pelo suporte financeiro, ao Prof. Dr. Henrique Soares Koehler, pela ajuda na análise estatística dos dados, à EMBRAPA-Cerrados, pela doação das sementes de jatobá e ao Laboratoire de Rhizogenèse Symbiotique, Institut de Recherches pour le Développement – Montpellier, França, pela doação das sementes de *Arabidopsis thaliana*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A. Les oligosaccharines. **Pour la Science**, p. 18-26, 1985.
- BUCKERIDGE, M. S. *et al.* Xyloglucan structure and post-germinative metabolism in seeds of *Copaifera langsdorffii* from savanna and forest populations. **Physiologia Plantarum**, v. 86, p. 145-151, 1992.
- CUTILLAS-ITURRALDE, A.; LORENCES, E. P. Effect of xyloglucan oligosaccharides on growth, viscoelastic properties, and long-term extension of pea shoots. **Plant Physiology**, v. 113, p. 103-109, 1997.
- DUNAND, C. *et al.* Characterization of the binding of α -L-Fuc (1 \rightarrow 2)- β -D-Gal (1 \rightarrow) a xyloglucan signal, in blackberry protoplasts. **Plant Science**, v. 151, p. 183-192, 2000.
- FREITAS, R. A. *et al.* Physico-chemical properties of seed xyloglucans from different sources. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, p. 507-514, 2005.
- FRY, S. C. *et al.* Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. **Plant Physiology**, v. 103, p. 1-5, 1993.
- LIMA, D. U. de; BUCKERIDGE, M. S. Interaction between cellulose and storage xyloglucans: the influence of the degree of galactosylation. **Carbohydrate Polymers**, v. 46, p. 157-163, 2001.
- LIMA-NISHIMURA, N. **Utilização da xiloglucana extraída de sementes de *Hymenaea courbaril* L. em géis para micropropagação de cenoura, café e macieira.** 2002. 82 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LIMA-NISHIMURA, N. *et al.* A xyloglucan from seeds of the native Brazilian species *Hymenaea courbaril* for micropropagation of Marubakaido and Jonagored apples. **Plant Cell Reports**, v. 21, p. 402-407, 2003.
- LORENCES, E. P. Cell wall xyloglucan incorporation by xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase in pine hypocotyls. **Plant Science**, v. 166, p. 1269-1274, 2004.
- LORENCES, E. P.; FRY, S. C. Xyloglucan oligosaccharides with at least two α -D-xylose residues act as acceptor substrates for xyloglucan endotransglycosylase and promote the depolymerisation of xyloglucan. **Physiologia Plantarum**, v. 88, p. 105-112, 1993.
- McDOUGALL, G. J.; FRY, S. C. Xyloglucan oligosaccharides promote growth and activate cellulase: Evidence for a role of cellulase in cell expansion. **Plant Physiology**, v. 93, p. 1042-1048, 1990.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473-497, 1962.
- NADDAF, Y. G. **Estudo do efeito da autoclavação sobre a xiloglucana utilizada em meios de cultura para micropropagação.** 2002. 37 f. Monografia (Monografia de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- REITER, W. D. Biosynthesis and properties of the plant cell wall. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 5, p. 536-542, 2002.
- SALAMONI, A. T. **Obtenção, caracterização e efeitos de xiloglucanas e derivados de sementes de jatobá na cultura de tecidos vegetais.** 2004. 131 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- TAKEDA, T. *et al.* Suppression and acceleration of cell elongation by integration of xyloglucans in pea stem segments. **Proceedings of the National Academic of Sciences**, v. 99, n. 13, p. 9055-9060, 2002.
- TINÉ, M. A. S.; DE LIMA, D. U.; BUCKERIDGE, M. S. Galactose branching modulates the action of cellulase on seeds storage xyloglucans. **Carbohydrate Polymers**, v. 52, p. 135-141, 2003.
- VARGAS-RECHIA, C. *et al.* Xyloglucan octasaccharide XXLGol derived from the seeds of *Hymenaea courbaril* acts as a signaling molecule. **Plant Physiology**, v. 116, p. 1013-1021, 1998.
- VISSENBERG, K.; FRY, S. C.; VERBELEN, J-P. Root hair initiation is coupled to a highly localized increase of xyloglucan endotransglycosylase action in *Arabidopsis* roots. **Plant Physiology**, v. 127, p. 1125-1135, 2001.