

A BIOTECNOLOGIA SUL-AMERICANA NA AGRICULTURA.

Alexandre Nepomuceno, PhD
Ricardo Abdelnoor, PhD
Newton Carneiro, PhD

A biotecnologia tornou-se uma peça chave no desenvolvimento de variedades comerciais desde que tecnologias como a cultura de tecidos, os marcadores moleculares, a engenharia genética e as técnicas de transformação de plantas foram adicionadas à caixa de ferramentas dos melhoristas. Existe pouca dúvida de que essa tendência de aperfeiçoamento e adoção dessas novas tecnologias irá continuar. Entretanto, a tendência mais forte é a do uso da engenharia genética para o desenvolvimento de variedades comerciais Geneticamente Modificadas (GM). O grande desafio, entretanto, é o de utilizar a informação obtida através de estudos em plantas modelo, para produção de novas variedades comerciais GM. Muitos grupos estão se organizando nessa direção. Nessa perspectiva, plantas modelo como *Arabidopsis thaliana*, *Medicago truncatula* e *Lotus japonicus* estão participando com um papel chave em desvendar os mecanismos de resposta de plantas a estresses bióticos e abióticos e de como essas novas informações podem sugerir estratégias inovadoras para modificar geneticamente culturas comerciais para tolerância/resistência a estresses bióticos e abióticos.

O uso comercial de culturas GM tem expandido radicalmente na última década. A solução de problemas agrônômicos e de manejo da cultura, a agregação de valor à cultura, assim como, estratégias corporativas para ganho de fatias de mercado, são as principais forças impulsionadoras para o contínuo crescimento do uso de variedades GM na agricultura. A área estimada para culturas GM para 2005, no mundo, foi de mais de 90 milhões de hectares (James, 2005). Durante a última década (1995-2005), o uso de culturas GM aumentou em 47 vezes, com uma proporção de crescimento maior em países em desenvolvimento. Em 2004, o crescimento absoluto em área de culturas GM foi, pela primeira vez, superior em países em desenvolvimento do que em países desenvolvidos. O percentual de crescimento foi três vezes superior (35%) em países em desenvolvimento do hemisfério sul, quando comparado com o crescimento ocorrido nos países do hemisfério norte (13%). O número de países em desenvolvimento cultivando culturas GM (11), foi quase o dobro do número de países industrializados (6) que adotam o uso de culturas GM (James, 2004).

Entretanto, a quantidade de investimento em equipamentos de biotecnologia, em desenvolvimento de metodologias, em infra-estrutura e, principalmente, na formação de cientistas, tem sido muitas vezes maior nos países desenvolvidos. A propriedade intelectual das tecnologias utilizadas no desenvolvimento de variedades comerciais GM, sendo cultivadas nos países em desenvolvimento, não pertence a esses países. Na América do Sul, antes da introdução de culturas GM, variedades comerciais de soja eram desenvolvidas em sua maior parte por empresas públicas, principalmente dos maiores produtores do grão na região. Brasil e Argentina. Hoje, o cenário está mudando na cultura da soja, uma vez que várias empresas privadas com sede em países desenvolvidos estão estabelecendo estações de pesquisa e de desenvolvimento na América do Sul e com isso introduzindo novas variedades GM para soja e outras espécies comerciais, como algodão, milho e canola.

É urgente o desenvolvimento de esforços conjuntos por parte dos países da América do Sul, no sentido de organizar plataformas de trabalho visando a geração de tecnologias confiáveis e independentes em biotecnologia agrícola. Essas plataformas deveriam estar focadas em utilizar a informação já disponível no domínio público e nos institutos de pesquisa da América do Sul e em outras fontes. As informações genômicas sendo disponibilizadas, obtidas de plantas modelo como *Lotus*, *Medicago*, e *Arabidopsis thaliana*, tem conduzido ao desenvolvimento de diferentes estratégias na geração de cultivares comerciais GM.

O equilíbrio de preços de sementes nas próximas décadas e, conseqüentemente, a manutenção da produção competitiva de soja na economia dos países produtores da América do Sul, dependerá da capacidade de geração de tecnologias próprias que permitam o desenvolvimento de variedades comerciais GM que agreguem valor e que reduzam ou eliminem problemas relacionados a estresses bióticos e abióticos, sem aumentar os custos de produção.

Os produtores de soja da América do Sul ultrapassaram os Estados Unidos da América (EUA) como os maiores produtores de soja do mundo. Em conjunto, os países produtores do cone sul produzem 47% de toda soja no mundo. Os três maiores produtores são, o Brasil, que participa com 57% da produção sul americana de soja, seguido pela Argentina, com 40% e pelo Paraguai com 3% (ERS-USDA, 2006). Nos últimos anos, a área plantada de soja cresceu 106% no Brasil, 170% na Argentina e, aproximadamente, 125% no Paraguai e na Bolívia. Esses incrementos no cultivo de soja foram devidos ao uso de áreas tradicionais, mas, também, devido ao uso de áreas sub-marginais e marginais, quando considerado o zoneamento agroclimático para a cultura. Durante as safras 2002/2003, Brasil, Argentina e Paraguai produziram, juntos, mais de 88,2 milhões de toneladas de soja, enquanto que o principal competidor de mercado dos países sul americanos, EUA, produziu 74,3 milhões de toneladas. A preocupação crescente dos produtores de soja norte americanos, em relação a seus altos custos de produção quando comparados aos custos dos produtores sul americanos, pode forçar maiores preços na venda de sementes para os produtores do sul num futuro próximo, principalmente se o mercado for dominado por cultivares GM.

Entretanto, nas duas últimas safras (2003/04 e 2004/05), estresses abióticos e bióticos causaram grande redução na produção de soja na América do Sul. As implicações são enormes, uma vez que, não somente os produtores de soja são atingidos, mas todo o agronegócio e, conseqüentemente, direta e indiretamente toda a sociedade. Problemas na produção de soja são freqüentes. Na década de noventa, nematóides de cisto e de galha e o cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum*), eram os maiores problemas da cultura reduzindo rendimentos e produtividade (EMBRAPA, 2006). Para as doenças mencionadas, resistência tem sido encontrada dentro do germoplasma de soja, o que permitiu aos programas de melhoramento genético rapidamente desenvolver variedades comerciais resistentes às principais doenças. A nova ameaça, entretanto, é a Ferrugem Asiática da Soja (FAS), causada por *Phakopsora pachyrhizi*, uma fungo agressivo, identificado, pela primeira vez, no Japão (Bromfield, 1984). Nas Américas, foi detectado pela primeira vez no Paraguai e no estado do Paraná, no Brasil, em 2001. Hoje, a FAS se espalhou para todo Paraguai, Bolívia, maior parte do Brasil e Argentina (Rossi, 2003; Yorinori et al, 2003; Ivancovich, 2005) causando perdas equivalentes a mais de US\$800 milhões nas safras de 2002/03 e 2003/04 (Yorinori, 2003). Recentemente, foi detectado, também, nos Estados Unidos, mas por enquanto sua ocorrência tem se restringido aos estados do sul do país (Schneider et al. 2005). Diferentemente de outras doenças que foram problema na cultura da soja, *Phakopsora pachyrhizi* tem uma alta variabilidade, tornando difícil o desenvolvimento de variedades tolerantes e resistentes. Portanto, identificar os genes envolvidos nos mecanismos de defesa da soja e de outras espécies, pode ser chave no desenvolvimento de resistência permanente à FAS pelo uso de plantas GM. Plantas respondem ao ataque de patógenos pela indução da síntese de vários compostos relacionados à defesa celular. O momento exato da percepção da presença do patógeno é um dos pontos chave para o sucesso da planta na defesa contra o invasor e envolve o reconhecimento de moléculas elicitoras geradas ou liberadas pelo patógeno que acabam estimulando o início de uma cascata de sinalização molecular que leva ao aumento das defesas por parte da planta (Montesano et al, 2003). Compreender precisamente todas as etapas dessa cascata, desde a percepção do estresse até a resposta fisiológico-agronômica de defesa, não somente em soja, mas também em outras espécies, será a chave para o desenvolvimento de estratégias inovadoras para criação de variedades comerciais com tolerância/resistência mais persistentes.

Estresses bióticos como a FAS não são o único problema para produção de soja ao redor do mundo. A ocorrência de seca pode ser, hoje, e no futuro, o maior desafio para produção de soja. Estresses abióticos, como a seca, reduzem significativamente os rendimentos e limitam as latitudes e áreas em que a soja poderia ser cultivada. Apesar das plantas terem uma capacidade considerável de lidar com estresses climáticos como seca, frio, salinidade, etc, esses estresses conjuntamente têm sido a principal causa de redução de produtividade de culturas comerciais no mundo, reduzindo rendimentos médios na maioria das culturas em mais de 50%. Em contraste, as reduções médias estimadas, tendo como causa doenças, está tipicamente ao redor de 20% (Bray, 2002). Por exemplo, os estados do sul do Brasil, responsáveis por mais de 40% da produção Brasileira de soja, perderam mais de 25% de sua produção nas safras de 2003/04 e 2004/05 devido às secas que ocorreram na região (CONAB, 2005). Somente na safra

2004/05, foi calculado que mais de U\$2,32 bilhões foram diretamente perdidos pelos produtores de soja do sul do Brasil (Farias et al., 2005ab).

A desidratação celular que ocorre durante eventos de seca aciona eventos moleculares que resultam, ao final, em respostas moleculares e de desenvolvimento envolvidas na defesa da planta contra a falta de água. Compreender todas as etapas desse processo e como algumas etapas poderiam ser manipuladas geneticamente para aumentar a tolerância de plantas à seca em variedades comerciais, é um dos desafios dos cientistas que trabalham em agricultura. Progresso significativo tem sido feito nesse sentido com a obtenção de plantas mais tolerantes à seca, frio e salinidade sob condições de laboratório (Shinozaki et al., 2003; Lee et al, 2003; Zhang et al, 2004).

É premente a necessidade de se implementar um programa de cooperação científica para desenvol

vimento variedades comerciais GM resistentes/tolerantes a estresses bióticos e abióticos na região. Isso demandará um esforço coordenado de diferentes áreas do conhecimento para, de forma eficiente, atender as necessidades atuais e futuras da agricultura sul-americana. É importante a estratégia de uso de informações disponíveis no domínio público e nos centros de pesquisa da região, assim como, estar atento à propriedade intelectual das tecnologias sendo geradas e sendo utilizadas. É estratégico para a competitividade dos países sul americanos produtores de grãos, acelerar a oferta de tecnologias que utilizam a engenharia genética no desenvolvimento de variedades comerciais mais focadas nas necessidades dos produtores e da sociedade sul-americana.

REFERÊNCIAS:

- Bray, E. A. 2002. Classification of genes differentially expressed during water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*: an analysis using microarrays and differential expression data. *Ann Bot*, 89:803-811, 2002.
- Bromfield, K.R. 1984. Soybean rust. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. Ploper, D.L., Devani, M.R., Roberto-Galvez, M., Ledesma, F., Gonzalez, V., Antonia-Zamorano, M., and Lenis, J.M. 2004. Proposals for management of soybean rust in northeast Argentina. *Avance-Agroindustrial* 25: 11-15, 1984.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <http://www.conab.gov.br>, acessado em dezembro de 2005.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja. Região Central do Brasil In: *Sistemas de Produção* 9. 220p, 2006.
- ERS-USDA. Soybeans and Oil Crops: Market Outlook Disponível em <http://www.ers.usda.gov/Briefing/SoybeansOilCrops>. Acessado em março de 2006.
- Farias, J.R.B; Nepomuceno, A.L.; Neumaier, N.; Marion, E. Efeito de regimes pluviométricos sobre o rendimento de grãos de soja. In Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, 2005. Campinas, SP. Anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBA, UNICAMP: CD-ROM, 2005a.
- Farias, J.R.B.; Neumaier, N.; Nepomuceno, A.L.; Marin, F. Modelagem para estimativa de perdas de rendimento de grãos de soja em função da disponibilidade hídrica. In: Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 3. Sete Lagoas, 2005. Artigos. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, CD-rom, 2005b.
- James, C. Global status of commercialized biotech/GM crops:2005. ISAAA Briefs n°34, 2005.
- James, C. Global status of commercialized biotech/GM crops:2004. ISAAA Briefs n°32, 2004.
- Lee JT, Prasad V, Yang PT, Wu JF, Ho THD, Chang YY, Chan MT. Expression of *Arabidopsis* CBF1 regulated by an ABA/stress promoter in transgenic tomato confers stress tolerance without affecting yield. *Plant Cell Environ* 26: 181–1190, 2003.
- Ivancovich, A. Soybean rust in Argentina. *Plant Disease* 89: 667-668, 2005.
- Pilon-Smits, E. A. H.; Terry, N.; Sears, T.; Van Dun, K. Enhanced drought resistance in fructan-producing sugar beet. *Plant Physiology and Biochemistry* 37:313-317, 1999.
- Rossi, R. L. First report of *Phakopsora pachyrhizi*, the causal organism of soybean rust in the Province of Misiones, Argentina. *Plant-Disease* 87:102, 2003.
- Schneider, R. W., Hollier, C. A., Whitam, H. K., Palm, M. E., McKemy, J. M., Hernandez, J. R., Levy, L. and DeVries-Paterson, R. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. *Plant Disease*. 89:773, 2005.
- Montesano, M., Brader, G. and Palva, E.T. Pathogen derived elicitors: searching for receptors. *Molec. Plant Pathol.* 4, 73–79, 2003.
- Zhang, JZ, Creelman RA, Zhu J-K. From laboratory to field. Using information from *Arabidopsis* to engineer salt, cold, and drought tolerance in crops. *Plant Physiology* 135, 615–621, 2004.
- Shinozaki, K.; Yamaguchi Shinozaki, K., Seki, M. Regulatory network of gene expression in the drought and cold stress responses. *Current Opinion in Plant Biology* v.6, p.410-417; 2003.
- Yorinori J.T.; Paiva W.M.; Frederick, R.D.; Costamilan, L.M.; Bertagnolli, P.F.; Hartman, G.L.; Godoy, C.V.; Nunes, J.J. Epidemics of soybean rust (*Pakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. (Abstr.) *Phytopathology* 93: S103, 2003.