

DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE SOJA COM TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Carlos A. Arrabal Arias, Marcelo F. de Oliveira, Antônio E. Pípolo, Geraldo Estevam S. Carneiro, José Ubirajara V. Moreira, Milton Kaster¹

Introdução

Os estresses provocados por deficiência hídrica (DH) em lavouras de soja representam certamente um dos principais fatores responsáveis pela instabilidade na produção de grãos ao longo dos anos nas várias regiões brasileiras. Dependendo do nível de estresse hídrico e do estágio fisiológico em que se encontram as plantas de soja, diferentes processos podem ser afetados. Assim, determinado nível de estresse provocado por DH pode afetar o processo de fixação biológica de N (Sinclair et al., 2007) sem necessariamente afetar a produtividade de grãos, reduzindo o teor de proteína dos grãos e trazendo problemas para a indústria nacional e para as exportações. Níveis mais acentuados de DH ocorrendo especialmente durante as fases de floração e de enchimento de grãos provocam quebras de produtividade (Doss et al., 1974; Meckel et al., 1984; Saitoh, et al., 1999) colocando em risco a manutenção da atividade agrícola.

Nos diferentes estados brasileiros é clara a correlação entre estabilidade de produção de grãos e estabilidade na disponibilidade hídrica ao longo dos anos. Nos estados ou regiões com ambientes mais estáveis sob o ponto de vista de disponibilidade hídrica, percebe-se a existência de maiores investimentos em tecnologia e na melhoria do ambiente, formando um círculo virtuoso que beneficia toda a cadeia produtiva. Por outro lado, nas regiões com maior risco de DH, os investimentos tendem a ser menores e as lavouras de soja ficam ainda mais sensíveis ou pré-dispostas aos efeitos prejudiciais da seca.

Nesse contexto é fundamental o papel dos programas de melhoramento genético, os quais podem ajudar a reduzir os efeitos danosos provocados pela seca através do desenvolvimento de cultivares mais tolerantes. Com menor risco, o agricultor se sentirá mais seguro para investir mais em tecnologias que promovam a melhoria ambiental, as quais também darão sua contribuição para a estabilidade e longevidade da atividade agrícola.

Caracterização dos ambientes

As regiões com características edafoclimáticas distintas estão bem mapeadas para a cultura da soja no Brasil. Em geral se conhece, para uma dada região, qual a probabilidade de ocorrência de DH em função do histórico da distribuição das precipitações ao longo do tempo, da demanda evaporativa da atmosfera, do tipo de solo, da época de semeadura, do tipo de manejo entre outros fatores. O padrão ou o tipo de tolerância que se busca em uma cultivar tolerante à DH deve ser definido a partir de uma caracterização detalhada do ambiente alvo da

¹ Embrapa Soja, Londrina, PR. E-mail: arias@cnpso.embrapa.br

mesma forma como se faz para outras características de importância. Gastar energia buscando um nível elevado de tolerância pode ser desnecessário para algumas regiões, o que certamente atrasa o processo de desenvolvimento e lançamento dessas cultivares e de seus potenciais impactos positivos. Já foi demonstrado (Sinclair et al., 2007) que determinados caracteres que conferem tolerância à seca e, portanto, aumentam o rendimento de grãos sob ambiente com DH, não mantiveram o mesmo potencial produtivo em ambientes favoráveis ou de alto rendimento. Este seria o preço a ser pago em troca da segurança proporcionada pela tolerância. Os ambientes devem ser bem caracterizados de forma que o acréscimo de produtividade proporcionado pela cultivar com tolerância à seca nos anos ruins e normais seja maior que uma pequena queda de rendimento num ano muito favorável. Fatos semelhantes já ocorreram no melhoramento para outros caracteres como resistência a insetos e doenças. O acúmulo de genes de resistência representa um gasto adicional de energia para a planta, sendo mais racional buscar apenas o nível necessário de resistência tentando ajustar a “dose” de resistência à necessidade regional. Assim, algumas cultivares não são efetivamente lançadas por apresentarem apenas níveis intermediários de resistência, embora pudessem representar uma contribuição para o setor produtivo.

Caracterização genética

Julga-se que o controle genético do caráter tolerância à DH seja complexo e envolva múltiplos genes, como consequência dos diversos processos da planta envolvidos na resposta ao estresse. Como a expressão do caráter é naturalmente dependente do ambiente ou do nível de deficiência hídrica, espera-se que a interação entre genótipos e ambientes esteja presente entre as principais causas de variação. Ambientes com solos de baixa capacidade de retenção de umidade, uniformes e com ocorrência frequente de algum nível de DH a cada ano, seriam importantes para a eficiência dos processos seletivos, mas difíceis de conseguir na prática (Pathan et al, 2007). O resultado é uma grande dificuldade em caracterizar com segurança quais os genótipos tolerantes para os diferentes níveis de DH. Nos anos com ocorrência frequente de DH é comum receber relatos de vários agricultores sobre a maior tolerância de determinadas cultivares comerciais. Quando esses relatos se repetem ao longo dos anos, o melhorista passa a acreditar que tem um material diferenciado e que, provavelmente, tenha genes para tolerância à seca. Entretanto, a caracterização detalhada desses materiais na tentativa de determinar as causas da tolerância nem sempre são esclarecedoras. Além disso, descendentes desses genótipos tolerantes raramente herdaram tais características na ausência de seleção, ressaltando a dificuldade dos melhoristas para atender a essa importante demanda.

Qual caráter avaliar? Caracteres relacionados às raízes das plantas como comprimento e matéria seca devem contribuir para aumentar o nível de tolerância, mas são de difícil avaliação e não garantem um alto potencial produtivo. Avaliações da parte aérea dos genótipos sob diferentes níveis de

DH são igualmente trabalhosas e também pouco efetivas segundo alguns autores (Hudak & Patterson, 1995). Uma das importantes fontes de erro nas comparações entre genótipos diz respeito ao grupo de maturidade. Um mesmo nível de DH terá maior ou menor impacto dependendo do estágio fisiológico em que o genótipo se encontra. Assim, é importante agrupar cuidadosamente os genótipos dentro de intervalos restritos de maturidade antes de realizar tais comparações. Todas essas dificuldades levam a maioria dos programas de melhoramento a focar sobre o caráter rendimento de grãos, deixando a tolerância à seca em segundo plano. Para piorar o quadro, muitos dos ambientes desfavoráveis resultantes de DH são retirados da composição das médias cumulativas pois maior ênfase é dada para os ambientes de alto rendimento.

Um estudo detalhado sobre tolerância à seca, desenvolvido com cultivares brasileiras de soja (Oya et al., 2004), apontou a associação entre taxa de crescimento sob condição de seca durante o início da fase reprodutiva e rendimento. Nesse sentido, genótipos cujo processo de fixação de N seja menos afetado pela DH (Sinclair et al., 2007) são desejáveis e levam vantagem em relação a outros que não tem essa característica. A disponibilidade de equipamentos não destrutivos e capazes de avaliar rapidamente e a baixo custo esse tipo de característica nas linhagens em ambientes com algum nível de DH representaria uma contribuição para os programas de melhoramento.

São promissoras as pesquisas que buscam marcadores moleculares ligados a QTLs de tolerância à DH, pois pode ser uma forma de caracterizar sistematicamente as regiões do genoma envolvidas nesse tipo de reação. Novamente a maior dificuldade está na fenotipagem, sendo necessário incluir um grande número de genótipos em ambientes com estresse induzido (Pathan et al, 2007). Nesse tipo de pesquisa, o uso de linhas puras avançadas derivadas de um mesmo cruzamento envolvendo parentais divergentes seria desejável em função da complexidade do caráter e da necessidade de uma fenotipagem segura envolvendo repetições de cada linha. Outro ponto importante é adequar o nível de DH às necessidades da região alvo da indicação da cultivar, o que é um indicativo de que alguns QTLs terão uma aplicabilidade mais ampla enquanto outros serão mais restritos a algumas regiões. Tal pesquisa pode ser trabalhosa, mas uma vez detectados os marcadores ligados aos QTLs, pode-se utilizá-los de forma sistemática no processo de desenvolvimento de cultivares.

Estratégias de melhoramento

Qualquer estratégia de desenvolvimento de cultivares tolerantes à DH deve levar em conta que os programas de melhoramento são muito dinâmicos e que as novas cultivares trazem sempre algumas adaptações às novas demandas ou mesmo mudanças ambientais na região para onde elas serão indicadas. Este é um lado positivo dos programas de melhoramento, pois garante uma resposta natural às mudanças climáticas globais que ocorrem e continuarão ocorrendo a

médio e longo prazo. Por outro lado, ressalta a necessidade de manutenção não só dos programas tradicionais de melhoramento, como também, das pesquisas envolvendo as novidades biotecnológicas. O desenvolvimento de OGMs para tolerância à DH, desenvolvido dentro da parceria entre Embrapa e JIRCAS é um bom exemplo. É uma linha de pesquisa que tem exigido esforço muito grande de um grupo multidisciplinar envolvendo biotecnologistas, fisiologistas e melhoristas e que já tem algumas linhagens transformadas sendo testadas em ambiente de contenção e a campo. É grande a expectativa por resultados a partir deste tipo de pesquisa, mas os pesquisadores estão cientes das dificuldades e do grande desafio para se alcançar uma tecnologia com potencial comercial e, principalmente, para obter sua regulamentação no Brasil e no mundo.

No melhoramento de uma cultura, procura-se aumentar a produtividade de grãos e a estabilidade de produção ao longo dos ambientes favoráveis e desfavoráveis. Esses dois caracteres já descritos como herdáveis e geneticamente independentes são avaliados em ensaios de campo envolvendo grande número de ambientes representativos da região alvo e repetidos por vários anos. No caso da soja, desde que outros fatores restritivos como doenças e pragas tenham sido devidamente controlados, é comum que a DH seja a principal determinante de um ambiente desfavorável. Um esforço no sentido de identificar esses ambientes onde efetivamente ocorreram os diferentes níveis de DH e de identificar aqueles genótipos que se destacaram em comparação aos demais nesses ambientes restritivos, trazem informações valiosas para dar prosseguimento neste tipo de trabalho. A vantagem, nesse caso, é que se trabalha com o caráter rendimento de grãos já comumente avaliado neste tipo de ensaio além de ser o caráter mais importante para a maioria das empresas.

Não é tarefa fácil realizar avaliações mais detalhadas como transpiração, eficiência no uso da água e índice de colheita em ambientes sob estresse em grande número de locais, assim como também é trabalhoso avaliar o rendimento de grãos em tais condições sem ter previsão da ocorrência de DH suficiente para permitir a comparação entre genótipos e a caracterização dos genótipos tolerantes. De qualquer forma, o que se tem hoje são experimentos com maior nível de detalhamento realizados com poucos genótipos e poucos ambientes normalmente com DH induzidas, ou grandes experimentos em rede com maior número de genótipos e ambientes aleatórios onde são avaliados os caracteres necessários para registro das cultivares como é o caso do rendimento de grãos. Estes dois tipos de experimento não têm permitido caracterizar, de forma segura, o nível de tolerância à seca de um determinado genótipo. Talvez uma rede com a participação de várias instituições públicas e privadas seja necessária para viabilizar esse tipo de pesquisa, dividindo custos e aumentando a qualidade da fenotipagem ou da caracterização de cada genótipo.

Lançamento comercial de cultivares tolerantes à seca

A forma como uma cultivar tolerante à seca será apresentada aos agricultores é muito importante para o sucesso da tecnologia e para a empresa. A

comunicação imprecisa pode levar a interpretação equivocada do que a tecnologia pode oferecer. Muitas vezes a complexidade dessa comunicação é tamanha, que é preferível omitir essa informação no momento da apresentação da nova cultivar, e deixar essa característica de tolerância à seca como um bônus para o agricultor.

Considerando a complexidade do caráter tanto do ponto de vista genético como das relações com fatores ambientais, é provável que esses materiais sejam posicionados no mercado como cultivares para “alta produtividade” e não como “tolerantes à seca” uma vez que a empresa detentora do material genético não pode dar garantias de rendimento em resposta aos variados níveis de DH aos quais os materiais serão submetidos ao longo dos anos. Não é interessante para a empresa posicionar comercialmente uma cultivar apenas para ambientes desfavoráveis ou com maiores probabilidades de ocorrência de DH, o que possivelmente seria interpretado com o rótulo “tolerante à seca”.

Referências

- Doss, B.D.; Pearson, R.W. and Rogers, H.T. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. *Agron. J.* 66: 297-299.
- Hudak, C.M. and Patterson, R.P. 1995. Vegetative growth analysis of a drought-resistant soybean plant introduction. *Crop Sci.* 35:464-471.
- Meckel, L., Egli, D.B., Phillips, R.E., Radcliffe, D. and Leggett, J.E. (1984) Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. ***Agron. J.*** 75: 1027-1031.
- Oya, T.; Nepomuceno, A.L.; Neumaier, N.; Farias, J.R.B.; Tobita, S.; Ito, O. 2004. Drought tolerance characteristics of Brazilian soybean cultivars – evaluation and characterization of drought tolerance of various Brazilian soybean cultivars in the field. *Plant Prod. Sci.* 7(2):129-137.
- Pathan, M.S., Lee, J.D., Shannon, J.G. and Nguyen, H.T. (2007) Recent advances in breeding for drought and salt stress tolerance in soybean. *In* Advances in molecular-breeding toward drought and salt tolerant crops. Edited by Jenks, M.A., Hasegawa, P.M. and Jain, S.M. pp. 739-773. Springer USA.
- Saitoh, K.; Mahmood, T. and Kuroda, T. 1999. Effect of moisture stress at different growth stages on flowering and pod set in determinate and indeterminate soybean cultivars. *Jpn. J. Crop Sci.* 68:537-544
- Sinclair, T.R.; Purcell, L.C.; King, C.A.; Sneller, C.H.; Chen, P.; Vadez, V. 2007. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. *Field Crops Research*, 101: 68-71.