

Estado Nutricional de Soja Transgênica e Não-Transgênica, com os Respectivos Manejos Associados ao Uso dessas Cultivares

STANZANI, E. L.^{1,2}; BABUJIA, L. C.¹; PEREIRA, A. S.³; SOUZA, R. A.⁴; FRANCHINI, J.C.⁴; HUNGRIA, M.⁴.

¹Universidade Estadual de Londrina - Departamento de Química, Caixa Postal, 6001, 86051-970, Londrina-PR; ²Bolsista de iniciação científica do PIBIC; ³Biotecnologia UEL; ⁴Embrapa soja

O uso da soja geneticamente modificada tolerante ao glifosato tem aumentado rapidamente nos últimos anos no Brasil, chegando a aproximadamente 50 % da área, segundo estimativas da Embrapa Soja na última safra (2006/2007). Os efeitos do glifosato sobre a contaminação do solo, da água e do ar têm sido considerados mínimos em relação aos herbicidas que ele substituiu (Cerdeira & Duke, 2006). Por outro lado, teoricamente, cultivares geneticamente modificadas seriam alteradas somente em sua capacidade de resistência ao herbicida. Na prática, porém, a complexidade do genoma da soja pode resultar em que a introdução de um novo gene altere a regulação de outros genes (Gresshoff, 1993).

O N é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Essa necessidade de N pode ser suprida pelo processo de FBN, resultante da simbiose estabelecida com bactérias pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*. Nas condições brasileiras, o processo de FBN é responsável por 85 %, ou mais, do N total acumulado pelas plantas. Conseqüentemente, hoje no Brasil, pensar na cultura da soja sem uma otimização do processo de FBN é inviável (Vargas & Hungria, 1997; Hungria et al., 1999, 2001). Em termos nutricionais, têm sido observadas alterações no estado nutricional da soja geneticamente modificada em função de diferenças na formulação do glifosato, com alteração nos

teores de N, Ca, Mg, Fe e Cu (Santos et al., 2007). Não existem, porém, resultados sobre o desempenho das cultivares de soja contendo ou não o transgene CP4 EPSPS em relação à FBN e à absorção de outros nutrientes.

Deste modo, é importante avaliar se a soja geneticamente modificada para tolerância ao glifosato, bem como do manejo a ela associado, com o uso repetido de um herbicida específico, esta afetando o balanço nutricional e a sustentabilidade do sistema produtivo da soja.

As áreas de experimentação forão implantadas em seis locais: Londrina (PR), Ponta Grossa (PR), Passo Fundo (RS), Uberaba (MG), Planaltina (DF) e Luiz Eduardo Magalhães (BA). A calagem e as adubações básicas com P e K, dos distintos experimentos, foram calculadas em função da fertilidade de cada solo e da recomendação para aquela região. O controle de pragas foi efetuado sempre que necessário, de forma a não interferir nos resultados dos experimentos. A inoculação das sementes de soja foi realizada com inoculante turfoso, produzido pela Embrapa Soja, contendo 108 células/g de turfa e contendo a combinação de estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5080. A semeadura foi manual, com 25 a 30 sementes viáveis por metro linear. As parcelas experimentais tinham 5 m x 6 m (área útil de 2 x 3 m) e foram distanciadas em 1 m. As parcelas foram compostas por 10 linhas com 0,5 m de espaçamento.

Dois materiais genéticos foram utilizados em todas as regiões, Conquista e BRS 133, com suas respectivas linhagens modificadas, ValiosaRR e BRS245RR. Além disso, como terceiro material genético, no Paraná e Rio Grande do Sul foi utilizada a cultivar Embrapa 59 e sua respectiva transgênica BRS 244RR e, nas outras regiões, a Jataí e a sua respectiva transgênica BRS SilvaniaRR. As cultivares geneticamente modificadas foram obtidas após seis retrocruzamentos. Os tratamentos consistiram, para cada cultivar: T1: soja geneticamente modificada + herbicida glifosato (RR GLI); T2: soja geneticamente modificada + herbicidas convencionais (RR HC); T3: soja não modificada + herbicidas convencionais (NM HC); T4: soja geneticamente modificada + capina manual (RR CAP); T5: soja não modificada + capina manual. (NM CAP).

Os ensaios foram conduzidos na safra 2005/2006 em blocos ao acaso, com 6 repetições, totalizando 90 parcelas. Todas as áreas foram conduzidas no sistema de plantio direto na palha. No inverno, as áreas foram cultivadas com aveia preta (*Avena strigosa* L.) ou trigo (*Triticum aestivum* L.), em Londrina e Passo Fundo, e com milheto (*Pennisetum americanum*), nas demais áreas.

O manejo com herbicidas convencionais foi realizado utilizando Classic® para folhas largas (aplicado 30 dias após emergência, 80 g/ha) e Select® para folhas estreitas (aplicado 40 dias após emergência, 400 mL/ha + 0,5 % de óleo mineral). O manejo com glifosato foi realizado utilizando Round up Transorb® (aplicado 30 dias após emergência, 2 L/ha)

Foi realizada a amostragem de 20 folhas por parcela, correspondentes à terceira folha, a partir do ápice das plantas, em toda a parcela, no estágio R3. As amostras foram lavadas com água deionizada, secas em estufa e moídas. Foram analisados os teores de N, macro e micronutrientes. O N foi determinado por digestão Kjeldahl. Para a determinação dos demais nutrientes, o material foi digerido com ácido nítrico e perclórico. Alíquotas apropriadas foram usadas para a determinação de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Zn, Cu, Mn, B e Fe) por espectroscopia de emissão atômica induzida por plasma (ICP-AES). Os valores foram utilizados para a avaliação do estado nutricional por meio dos seguintes contrastes: C1: soja geneticamente modificada x soja não modificada (RR x NM); C2: soja geneticamente modificada + herbicida convencional x soja não modificada + herbicida convencional (RR HC x NM HC); C3: soja geneticamente modificada + capina x soja não modificada + capina (RR CAP x NM CAP); C4: soja geneticamente modificada + glifosato x soja não modificada + herbicida convencional (RR GLI x NM HC).

Os resultados obtidos indicaram efeitos da modificação genética da soja, pela introdução do gene de tolerância ao glifosato, na nutrição mineral da soja. Para simplificação dos resultados são apresentados o número de contrastes significativos ($P < 0,05$), para cada nutriente, considerando os seis locais (Fig. 1 e 2).

Quando considerados os contrastes entre todas as medias dos tratamentos envolvendo materiais geneticamente modificados e não modificados (Fig. 1), N, P e Mg apresentaram dois contrastes significativos e positivos, indicando que para esses nutrientes a modificação genética proporcionou aumento de seus teores em relação ao material não modificado. Por outro lado, Ca e Mn apresentaram 5 e 4 contrastes significativos e negativos, respectivamente, indicando que para esses nutrientes a modificação genética proporcionou diminuição de seus teores em relação ao material não modificado.

Os demais nutrientes apresentaram alternância entre contrastes significativos positivos e negativos ou no contraste principal (Fig. 1) ou nos desdobramentos de contrastes (Fig. 2), o que indica que o comportamento desses nutrientes sofreu influência de fatores não controlados no estudo.

Para N e P também ocorreu alternância de contrastes significativos positivos e negativos quando considerado o contraste de materiais geneticamente modificados e não modificados manejados com capina (Fig. 2). No entanto, o maior número de contrastes significativos para esses nutrientes foi observado no contraste de materiais geneticamente modificados e não modificados manejados com glifosato e herbicida convencional, respectivamente, indicando interações entre a transgênia e o glifosato na nutrição da soja. Possivelmente o glifosato e a transgênia teriam menor efeito sobre a absorção desses nutrientes do que o uso de herbicidas convencionais pós-emergentes, que notadamente causam intensos efeitos fitotóxicos.

O Ca apresentou os resultados mais consistentes entre os nutrientes avaliados, tendo seu teor reduzido tanto pela modificação genética (Fig. 3) quanto pela aplicação de glifosato (Fig. 2). Duke et al. (1983) observaram redução do teor de Ca em plantas de soja tratadas com glifosato. Os autores observaram que quatro dias após a aplicação do glifosato a translocação de Ca para as raízes e o hipocótilo era drasticamente reduzida.

De forma geral, pode-se afirmar que a modificação genética da soja para conferir tolerância ao glifosato tem efeito marcante no balanço nutricional da cultura, com destaque para N, P, Ca, Mg e Mn.

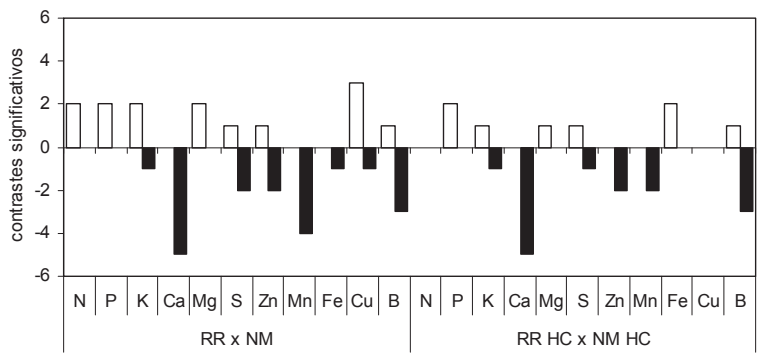


Fig. 1. Contrastes significativos entre materiais geneticamente modificados (RR médias) e não modificados (NM) e entre materiais geneticamente modificados (RR HC) e não modificados (NM HC), tratados com herbicida convencional, em seis locais, para 11 nutrientes. Valores negativos indicam menor teor do nutrientes no material geneticamente modificado e vice-versa para os valores positivos.

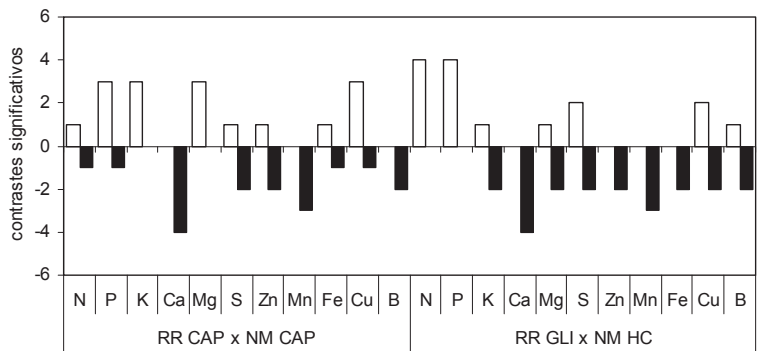


Fig. 2. Contrastes significativos entre materiais geneticamente modificados (RR CAP) e não modificados (NM CAP), manejados com capina manual e entre materiais geneticamente modificados manejados com glifosato (RR GLI) e não modificados (NM HC), manejados com herbicida convencional, em seis locais, para 11 nutrientes. Valores negativos indicam menor teor do nutrientes no material geneticamente modificado e vice-versa para os valores positivos.

Referências

- SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja round up ready. **Planta Daninha**, 25:165-171, 2007.
- DUKE, S.O.; WAUCHOPE, R.D.; HOAGLAND, R.E.; WILLS, G.D. Influence of phyphosate on uptake and translocation of calcium ion in soybean seedlings. **Weed Research**, 23:133-139, 1983.
- CERDEIRA, A.L.; DUKE, S. The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops: A review. *Journal of Environmental Quality*, 35:1633-1658, 2006.
- GRESSHOFF, P.M. Plant function in nodulation and nitrogen fixation in legumes. In: PALACIOS, R.; MORA, J.; NEWTON, W.E., eds. **New horizons in nitrogen fixation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.31-42.
- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Fixação biológica do N₂ na cultura da soja. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos de Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.297-360.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; VARGAS, M.A.T.; CATTELAN, A.J.; MENDES, I.C. Microbiologia do solo e produtividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1. Londrina, 1999. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.126-137. (Embrapa Soja. Documentos, 124).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. (Embrapa Soja. Circular Técnica 35/ Embrapa Cerrados. Circular Técnica 13). 48p.