

SEÇÃO 9 FISIOLOGIA VEGETAL

RELAÇÕES PROVÁVEIS ENTRE NODULAÇÃO, PARTE AÉREA E CLOROFILA DE VARIEDADES DE SOJA COM DIFERENTES TEORES DE PROTEÍNA E ÓLEO NOS GRÃOS

Glaciela Kaschuk^{1*}, Rodrigo Horst², Maria Aparecida dos Santos³, Giani Andrea Linde Colauto¹ e Odair Alberton¹

¹ Professor Titular Universidade Paranaense, Praça Mascarenhas de Moraes, s/n, Caixa Postal. 224, CEP 87502-210, Umuarama, PR, Brasil. E-mail: glaciela@unipar.br, gianilinde@unipar.br, odair@unipar.br

² Acadêmico do Curso de Engenharia Agrônômica da UNIPAR, Umuarama-PR, Brasil. E-mail: odivarz@yahoo.com.br,

³ Pesquisadora da Pioneer Hi-Bred International Inc, e-mail: mariaaparecida.ciapsan@gmail.com

*Autor para correspondência: glaciela.kaschuk@gmail.com, glaciela@unipar.br

*RESUMO: A soja obtém a maior parte do N através da fixação biológica de N (FBN). Plantas dependentes da FBN têm maior disponibilidade de N para a síntese de clorofila nas folhas e para o incremento da produção. Como o N utilizado para a síntese de proteínas nos grãos provém da remobilização do N das folhas, espera-se que folhas mais ricas em N resultem em grãos mais ricos em proteína. O balanço dessa redistribuição seria contrabalanceado com o acúmulo de óleo nos grãos. Neste estudo, relata-se um experimento realizado para determinar as relações entre FBN, a clorofila e a concentração de óleo e proteínas nos grãos. Nove variedades de soja com teores conhecidos de óleo e proteína foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e cultivadas em casa de vegetação. Os parâmetros avaliados foram: clorofila, massa da parte aérea, número e peso de nódulos e dos grãos. Houve correlação negativa entre proteína e óleo nos grãos ($r=-0,892$, $p=0,001$) e entre clorofila e massa de nódulos ($r=-0,666$; $p=0,050$), mas não se observaram diferenças significativas entre a massa da parte aérea, número e massa de nódulos nas cultivares que apresentavam diferentes teores de óleo e proteína nos grãos.*

PALAVRAS-CHAVE: Glycine max L. Merrill; simbiose; clorofila

POSSIBLE RELATIONSHIPS BETWEEN NODULATION, SHOOT AND CHLOROPHYLL OF SOYBEAN VARIETIES WITH DIFFERENT GRAIN PROTEIN AND GRAIN OIL CONTENTS.

*ABSTRACT: Soybeans obtain most of the N through biological N fixation (BNF). Plants relying on BNF have more N available for chlorophyll synthesis and for plant growth. Since the N used for the synthesis of grain protein derives from reallocation from leaf N, one should expect that leaves with more N would result in grains with more protein. The balance in the N redistribution would be counterbalanced with the accumulation of grain oil. In this study, we report an experiment performed to determine the relationships between BNF, chlorophyll, grain oil and grain protein contents. Nine soybean varieties with known oil and protein contents were inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and cultivated in greenhouse. The following parameters were measured: chlorophyll content, shoot biomass, number, nodule and grain biomass. There was a negative correlation between protein and oil in the grains ($r=-0,892$, $p=0,001$) and between chlorophyll and nodule biomass ($r=-0,666$; $p=0,050$), but*

there was no significant relationships between shoot biomass, number and nodule biomass in the cultivars having differences in protein and oil in the grains.

PALAVRAS-CHAVE: Glycine max L. Merrill; symbiosis; chlorophyll

INTRODUÇÃO

O principal produto de exportação do agronegócio brasileiro é a soja, cujos grãos são valorizados pelos teores de proteína. A soja é altamente dependente da disponibilidade de nitrogênio (N), o qual é majoritariamente suprido pela fixação biológica de N (FBN), realizada por bactérias conhecidas como rizóbios (Kaschuk et al., 2010a; 2010b). Como o N utilizado para a síntese de proteínas nos grãos na fase reprodutiva da planta provém da remobilização do N das folhas acumulado na fase vegetativa (Hungria et al., 1985), espera-se que folhas mais ricas em N resultem em grãos mais ricos em proteína.

Os grãos de soja (*Glycine max* L. Merrill) podem ser utilizados no preparo de produtos alimentícios frescos, fermentados e secos, como por exemplo, farinha de soja, leite, queijo tofu, molho soya e petiscos de grãos temperados assados ou fritos. Os grãos também podem ser prensados para a extração de óleo comestível, utilizado para fritura, fabricação de margarinas e gorduras hidrogenadas. O resíduo da prensagem, comumente chamado de torta de soja, é altamente comercializável devido ao seu elevado valor protéico, e utilizado na produção de alimentos para humanos ou ração para animais granjeiros. Normalmente, os grãos de soja, com cerca de 10% de umidade, contêm de 35 a 40% de proteína, de 13 a 27% de óleo, cerca de 32% de carboidratos, 4% de fibras e 5% de cinzas (van der Maesen e Somaatmadja, 1989). Do ponto de vista da indústria, os melhores grãos são aqueles com os teores mais elevados de proteína e óleo.

As leguminosas se associam simbioticamente com rizóbios, bactérias capazes de induzir a formação de nódulos nas raízes e realizar a fixação biológica do nitrogênio (FBN). Nessa simbiose, as plantas fornecem altas quantidades de fotossintatos para os nódulos e recebem em troca, N fixado (Giller, 2001). No passado, assumia-se que a alta demanda por fotossintatos da FBN levava ao decréscimo da produtividade em relação às plantas fertilizadas com N mineral (Hardy e Havelka, 1975). Entretanto, estudos recentes mostram que tais custos são compensados por incrementos na taxa de fotossíntese das plantas (Kaschuk et al., 2009; 2010a; 2010b, 2012). Além disso, a hipótese da limitação de fotossintatos em plantas noduladas foi claramente rejeitada por uma meta-análise considerando 12 diferentes espécies de leguminosas e 348 comparações de plantas noduladas com plantas fertilizadas com N

mineral (Kaschuk et al., 2010a). Ao contrário do que prega a hipótese da limitação de fotossintatos, as parcelas de soja nodulada acumularam 41% mais grãos, 7% mais proteína nos grãos, e 1% mais óleo nos grãos do que as parcelas fertilizadas com N (Kaschuk et al., 2010a).

Um estudo concluído recentemente por Santos et al. (2013) dá fortes evidências de que o melhoramento de soja para acúmulo de proteínas nos grãos deve enfatizar o melhoramento da FBN. Santos et al. (2013) verificaram que alguns marcadores moleculares associados com regiões cromossômicas que controlam a FBN também estão associados com regiões que controlam o acúmulo de proteínas nos grãos. Além dessa evidência genética, outros estudos mostraram que o N proveniente da FBN é translocado diretamente para os grãos, enquanto o N proveniente da fertilização mineral precisa ser absorvido nas folhas, e só então, translocado para os grãos (Hungria et al., 1985; Israel et al., 1985). Santos et al. (2013) sugere que a rota direta do N fixado para os grãos permitiria uma maior capacidade de acumulação de proteínas nos grãos. Adicionalmente, o acúmulo de N nas folhas associado à estimulação da fotossíntese pela alta demanda energética da FBN têm fortes efeitos sobre a senescência das folhas e o período de enchimento dos grãos (Kaschuk et al., 2010b), possivelmente trazendo efeitos positivos para a produtividade e o acúmulo de proteína nos grãos.

É intrigante como, apesar da importância que a FBN tem para a cultura da soja, sobretudo no Brasil (Hungria et al., 2007), e a urgente necessidade de se obter grãos com valores mais elevados de proteína, não se conhecem estudos que tenham estudado essas duas características concomitantemente.

Uma abordagem experimental promissora seria testar as relações empíricas entre produtividade, FBN e acúmulo de proteínas nos grãos numa coleção de diferentes variedades de soja, e baseadas nessas relações, indicar estratégias para o melhoramento genético.

Considerando que a FBN incrementa a disponibilidade de N para a planta, realizou-se um experimento com cultivares que diferiam nos conteúdos de óleo e proteína nos grãos para determinar a relação direta entre FBN, ou seja, a nodulação induzida pela presença de rizóbios, e o acúmulo de N nas folhas, determinado através do conteúdo de clorofila.

MATERIAL E MÉTODOS

Nove variedades de soja (*Glycine Max* L. Merrill) (Tabela 01), com teores de proteína e óleo conhecidos, foram crescidas em casa de vegetação em vasos contendo 5 kg de solo. O teor de proteína e óleo dos grãos foi determinado por espectrofotometria no infravermelho

próximo (NIR = near infrared) conforme Oliveira-Junior et al. (2011). O solo, argissolo vermelho distrófico com textura arenosa (Bhering e Santos, 2008) foi coletado na profundidade de 0-20 cm em área de pastagem na região de Umuarama e peneirado para remoção de resíduos vegetais e pedras. Uma amostra desse solo foi seca e analisada quanto ao teor dos nutrientes e pH conforme EMBRAPA (1979). A análise laboratorial foi utilizada para corrigir a saturação de bases para 55% e adequar a fertilidade do solo para o bom desenvolvimento da cultura da soja, conforme recomendações da EMBRAPA (2008).

Tabela 1 – Variedades de soja (*Glycine max* L. Merrill) utilizadas no estudo e seus respectivos valores de teor de proteína e óleo nos grãos de soja*

| Variedade | Proteína nos grãos (%) | Óleo nos grãos (%) |
|------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 154BRSMG800A | 33,1 | 22,2 |
| 54AN8843 | 38,5 | 23,3 |
| 165BosxE20-51 | 43,8 | 20,6 |
| 133BRSGO7960 | 38,5 | 22,0 |
| N-025CC07-7683 | 44,5 | 18,6 |
| 114CD223 | 43,9 | 18,4 |
| B-080BR80-14-887 | 45,3 | 16,4 |
| B-043SAMBAIBA | 32,9 | 26,0 |
| A-026A7006 | 32,3 | 24,8 |

* Informações conhecidas do Banco de Germoplasma da EMBRAPA-soja.

Bactérias diazotróficas (*Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e SEMIA 5080) foram crescidas em meio de cultura estéril YM, contendo levedura e manitol (Vincent, 1970), a 28°C sob agitação até a concentração de 10^9 células ml^{-1} (cerca de sete dias). Para o plantio, as sementes foram desinfestadas com álcool 70% e hipoclorito de sódio 0,25% conforme Vincent (1970), depositadas a 5 cm de profundidade, e individualmente inoculadas com 1 ml da suspensão de rizóbios. Foram plantadas cinco sementes por vaso e no estágio vegetativo V1 (o primeiro trifólio desenvolvido), as plantas desiguais em desenvolvimento foram descartadas e duas plantas com desenvolvimento vegetativo similar foram deixadas em cada vaso.

A primeira amostragem foi feita com quatro replicatas quando as plantas estavam no início do estágio de florescimento e a segunda, foi feita com as restantes quatro replicatas, quando os grãos tinham atingido a maturação fisiológica (R8). Foi necessário colher os grãos das diferentes variedades em datas distintas porque as variedades não maduraram ao mesmo

tempo. Algumas cultivares romperam as vagens antes da maturação completa, e por isso, os valores de produção de grãos devem ser utilizados com cautela. As plantas na fase vegetativa foram colhidas, acondicionadas em sacos de papel, secas em estufa (a 60°C com ventilação forçada por 48 h), pesadas e moídas, para posterior análise de N. Os nódulos foram destacados das raízes, acondicionados em sacos de papel, secos (a 60°C com ventilação forçada por 48 h), contados e pesados. Os grãos foram colhidos, acondicionados em sacos de papel, secos e pesados. O teor de clorofila foi determinado diretamente nas folhas vivas com o aparelho Clorofilog (Falker, Porto Alegre).

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme recomenda Bussab e Morettin (2002). As médias das cultivares foram testadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% (Vieira, 1999) A correlação de Pearson foi aplicada sobre parâmetros de FBN (nodulação, N total e massa seca da parte aérea) e peso seco de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa na produção de massa seca da parte aérea das diferentes variedades de soja (Tabela 01). No caso do peso dos grãos, os valores são apenas indicativos de produção, mas devem ser interpretados com cautela em função da perda de grãos devido ao rompimento de vagens de algumas cultivares. O efeito da nodulação sobre os teores de clorofila das folhas nas diferentes variedades de soja resultou numa correlação negativa de 66,6%, a qual é significativa ao nível de significância de 5% (dados analisados a partir da Tabela 2). Um dado interessante é que plantas com maior nodulação cresceram mais e apresentaram uma maior biomassa da parte aérea, embora esse resultado não tenha sido significativo (Tabela 2). Apesar da baixa significância estatística, esses resultados são coerentes com o fato de que, plantas noduladas mantêm a mesma concentração de N nas folhas que plantas fertilizadas, mas produzem mais folhas que são fotossinteticamente mais eficientes, resultando em maiores massas (Kaschuk et al., 2010b). Além disso, há evidências de que a nodulação traz, além do incremento de produtividade, um aumento nos teores de proteína nos grãos (Kaschuk et al., 2010a).

Tabela 2 – Teor de Clorofila, massa da parte aérea, número e massa de nódulos e peso seco de grãos de nove variedades de soja (*Glycine max* L. Merrill.), cultivadas em casa de vegetação no ano de 2011*

| Variedade | Clorofila | Parte aérea | Nódulos | | Peso de grãos |
|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | (Índice Clorofilog) | (g planta ⁻¹) | (# planta ⁻¹) | (g planta ⁻¹) | (g planta ⁻¹) |
| 154BRSMG800A | 39,9ab | 10,2ns | 86,5ns | 0,2ns | 3,55 (5) |
| 54AN8843 | 35,9 b | 11,0 | 126,0 | 0,3 | 2,81 (5) |
| 165BosxE20-51 | 38,6 ab | 9,3 | 104,8 | 0,3 | ND |
| 133BRSGO7960 | 44,2 a | 10,3 | 61,5 | 0,1 | 3,70 (4) |
| N-025CC07-7683 | 38,8 ab | 12,5 | 92,3 | 0,3 | ND |
| 114CD223 | 41,6 ab | 10,9 | 134,5 | 0,3 | 3,70 (5) |
| B-080BR80-14-887 | 40,5 ab | 9,8 | 64,0 | 0,2 | 3,20 (5) |
| B-043SAMBAIBA | 39,0 ab | 11,9 | 108,5 | 0,3 | 2,65 (2) |
| A-026A7006 | 39,0 ab | 8,9 | 67,0 | 0,1 | 1,41 (1) |

*Médias seguidas de letras semelhantes não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey 5%; ns indica que diferenças não são significativas pelo mesmo teste; ND = não foi determinado, pois as plantas não produziram sementes; entre parêntesis, o número de replicatas.

Neste estudo houve uma correlação negativa ($r=-0,892$), significativa ao nível de significância de 1%, entre teores de proteína e óleo nos grãos (dados analisados a partir da Tabela 1). Embora altos teores de proteína e óleo sejam desejáveis, os programas de melhoramento vegetal raramente enfatizam tais características simultaneamente. Como a construção bioquímica de óleo e/ou proteínas nos grãos custa mais fotossintatos do que a construção de carboidratos (Penning de Vries et al., 1974), o melhoramento genético para altos teores de proteína ou óleo resulta em altas taxas respiratórias e, conseqüentemente, em queda da produtividade total de grãos (Brim e Burton, 1979; Toledo et al., 1994; Sedyiyama et al., 2005). Durante muito tempo, os efeitos negativos do acúmulo elevado de proteína e óleo nos grãos eram atribuídos a uma limitação da capacidade fotossintética da leguminosa (Yin e van Laar, 2005). Mas hoje já se sabe que as plantas têm uma capacidade fotossintética aumentada em resposta ao estímulo dos drenos da planta (Kaschuk et al., 2009; 2010b, 2012). Assim sendo, a redução da produtividade em grãos com elevados teores de proteínas está relacionada a outros fatores, mas não à capacidade fotossintética.

O fato de que tanto a fotossíntese e fixação do N₂ pode ser estimulada de acordo com a demanda de plantas C e N indica que as variedades de leguminosas de alto rendimento (soja, por exemplo) podem atingir o seu potencial genético de produtividade, baseando-se unicamente na fixação biológica de N₂ (Kaschuk et al., 2009). Se o manejo da planta (por

exemplo, a inoculação com estirpes eficaz, bom estabelecimento das plantas, condições do solo adequada do ambiente) favorecem a nodulação precoce e a fixação de N_2 , tanto de a fixação do N_2 quanto a fotossíntese são proporcionalmente autoreguladas, resultando em benefícios mais fortes ao crescimento das plantas (Kaschuk et al., 2009; 2010b, 2012). Assim, embora nesse estudo, tenha existido uma correlação negativa entre clorofila e massa de nódulos ($r=-0,666$; $p=0,050$), não se observaram diferenças significativas entre a massa da parte aérea, número e massa de nódulos nas cultivares que apresentavam diferentes teores de óleo e proteína nos grãos. Provavelmente, a coleta de dados não conseguiu controlar os fatores relacionados à variabilidade genética das plantas. Assim, devido ao valor reduzido de cultivares, não é possível concluir que de fato não existe uma relação direta entre FBN e acúmulo de proteínas ou óleo nos grãos. Novos estudos deverão ser conduzidos para comprovar a hipótese que norteou este estudo.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo não permitem afirmar que existem relações diretas entre a nodulação e FBN com a produção de grãos mais ricos em proteínas, provavelmente devido à utilização de um número reduzido de cultivares, que não permitiu amostrar toda a variabilidade genética.

Existe uma correlação levemente significativa entre nodulação e teor de clorofila, mas essa relação não determina a produção de massa seca das plantas, nem está relacionada com os teores de proteína e óleo dos grãos.

REFERÊNCIAS

- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. (ed.) **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa-florestas: Embrapa-solos: Instituto Agrônômico do Paraná, 2008. 74p.
- BRIM, C.A.; BURTON, J.W. Recurrent selection in soybeans. II. Selection for increased percent protein in seeds. **Crop Science** v. 19, p. 494-498. 1979.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P.A. **Estatística Básica**. 5ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 247p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2009 e 2010**. Sistemas de Produção 13. Londrina: Embrapa-soja: Embrapa-Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2008. 262p.

FEHR, W.R.C.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**. v. 11, p. 929-931. 1971.

GILLER, K.E. **Nitrogen fixation in the tropics**, 2^a ed. Wallingford: CAB International. 423p.

HARDY, R.W.F.; HAVELKA, U.D. Nitrogen fixation research: a key to world food? **Science**, v.188, p. 633-643. 1975.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa soja, 2007. 80p. (Documentos 283).

HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P.; VICTORIA, R.L. Assimilação do nitrogênio pelo feijoeiro II. Absorção e translocação do N mineral e do N₂ fixado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 9, p. 201-209. 1985.

ISRAEL, D.; BURTON, J.W.; WILSON, R.F. Studies on genetic male-sterile soybeans IV. Effect of male sterility and source of nitrogen nutrition on accumulation, partitioning and transport of nitrogen. **Plant Physiology**. v.78, n.4, p.762-967, 1985.

KASCHUK, G.; HUNGRIA, M.; LEFFELAAR, P.A.; GILLER, K.E.; KUYPER, T. W. Differences in photosynthetic behaviour and leaf senescence of soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) dependent on N₂ fixation or nitrate supply. **Plant Biology**, v. 12, p. 60-69, 2010b.

KASCHUK, G.; KUYPER, T.W.; LEFFELAAR, P.A.; HUNGRIA, M.; GILLER, K.E. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses? **Soil Biology & Biochemistry**. v. 41, p. 1233-1244. 2009.

KASCHUK, G.; LEFFELAAR, P.A.; GILLER, K.E.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M.; KUYPER, T.W. Responses of grain legumes to rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi: a meta-analysis of potential photosynthate limitation of symbioses. **Soil Biology & Biochemistry** v. 42, p. 125-127. 2010a.

KASCHUK, G.; YIN, X.; HUNGRIA, M.; LEFFELAAR, P.A.; GILLER, K.E. ; KUYPER, T.W. Photosynthetic adaptation of soybean due to varying effectiveness of N₂ fixation by two distinct *Bradyrhizobium japonicum* strains. **Environmental and Experimental Botany**, v. 76, p. 1-6, 2012.

OLIVEIRA-JUNIOR, A.; CASTRO, C.; SILVA, M.G.; LEITE, R.S.; KLEINERT, J.J.; NARDO, A.E.; FARINE, E.L.; MOREIRA, D.A.; CAMARGO, I.S.P. Avaliação da espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) para determinação de concentração de nitrogênio total em amostras de grãos de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais**. Uberlândia: UFU, 3p.

PENNING DE VRIES, F.W.T.; BRUNSTING, A.H.M.; VAN LAAR, H.H. Products, requirements and efficiency of biosynthesis: a quantitative approach. **Journal of Theoretical Biology**. v.45, p.339-377, 1974.

SANTOS, M. A.; GERALDI, I. O.; GARCIA, A. A. F.; BORTOLATTO, N.; SCHIAVON, A.; HUNGRIA, M.. Mapping of QTLs associated with biological nitrogen fixation traits in soybean. **Hereditas**. v.150, p.17-25, 2013.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.), **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2ª ed., Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 553-603.

TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; KASTER, M.; MIRANDA, L.C.; MENOSSO, O.G. Genetics and breeding. In: EMBRAPA-CNPSO (Brazilian Agricultural Research Enterprise, National Soybean Research Center, **Tropical soybean: improvement and production**. Rome: FAO, 1994. p. 19-36. (Plant Production and Protection Series, nº 27).

VAN DER MAESEN, L.J.G.; SOMAATMAJA, S. **Plant Resources of South-East Asia No. 1 Pulses**. Wageningen: PUDOC/PROSEA. 1989. 105p.

VICENT, J.M. A Manual for the practical study of root-nodula bacteria. Oxford: Blackwell Scientific 1970. (IBP Handbook, 15)

VIEIRA, S. **Estatística Experimental** 2ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 1999. 185p.

YIN, X.; VAN LAAR, H.H. **Crops Systems Dynamics** – An Ecophysiological Simulation Model for Genotype-by-environment Interaction. Wageningen: Academic Publishers. 2005. p.

Recebido para publicação em: 21/07/2013

Aceito para publicação em: 06/08/2013