

SELEÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA TOLERANTES A DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

GUSTAVO ZIMMER¹; THAIS ONGARATTO DE CAMARGO²; GABRIELA DIAS GOMES DA SILVA³; VICTÓRIA DA COSTA DIAS⁴; WILLIAM LORENSKI CORRÊA⁵; LILIAN VANUSSA MADRUGA DE TUNES⁶

¹ PPG C&T SEMENTES/UFPel – gstzimmer@hotmail.com

²FAEM/UFPel – thaisongaratto@hotmail.com

³FAEM/UFPel – gabrieladiasmomesss@gmail.com

⁴FAEM/UFPel – victoriapatriciadias@gmail.com

⁵FAEM/UFPel – william.lorenski@outlook.com

⁶PPG C&T SEMENTES/UFPel – lilianmtunes@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* [L.] Merril) é a cultura de maior expressão na agricultura brasileira, ocupando quase 57% da área cultivada com grãos no Brasil e apresentando uma produtividade média de 3,2 toneladas ha⁻¹ na safra 2018/2019 (CONAB, 2019). Apesar de apresentar a maior produtividade média em nível mundial (USDA, 2019), a produção de grãos em ambientes tropicais como o Brasil resulta em inúmeros desafios, dentre eles, destaca-se a disponibilidade limitada de fósforo, decorrente do elevado grau de intemperização dos solos, onde predominam argilas 1:1 e óxidos de ferro e alumínio, os quais possuem elevada afinidade por fósforo (CAMPOS, 2014).

Nas plantas, o fósforo compõe importantes moléculas orgânicas como DNA, RNA, ATP e fosfolipídios de membrana (PÉRET et al., 2011), participando ativamente dos processos de fotossíntese, respiração e metabolismo de carboidratos (RAGHOTHAMA, 1999). Na cultura da soja, SINGH et al. (2014) caracterizou respostas à deficiência de fósforo, constatando que concentrações limitantes deste nutriente provocam redução da área foliar e massa seca de plantas e acarretam o aumento da razão raiz/parte aérea.

A correção dos solos através de fertilizantes fosfatados tem sido a principal estratégia na mitigação dos efeitos da baixa disponibilidade de fósforo. Contudo, aplicações excessivas deste nutriente levam a eutrofização dos recursos hídricos, tornando a reciclagem do fósforo um fator crítico para a redução da poluição (CARPENTER, 2008). Além disso, os custos da fertilização representam mais de 27% dos custos operacionais de produção da soja no Brasil (CONAB, 2016), o qual é dependente de fontes importadas de fósforo (IEA, 2018). Ressalta-se ainda que as reservas deste nutriente têm diminuído rapidamente e devem se esgotar até o final deste século (VANCE et al., 2003). Apesar deste cenário, poucos são os estudos voltados à identificação de cultivares tolerantes a deficiência de fósforo. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi identificar cultivares tolerantes à deficiência de fósforo.

2. METODOLOGIA

Foram avaliadas 22 cultivares de soja comercialmente utilizadas na Região Sul do Brasil. O solo utilizado apresentava as seguintes características: pH H₂O= 5,3; ISMP= 6,3; M.O(%)= 0,97%; K= 33 mg dm⁻³; P= 19 mg dm⁻³; Argila= 18%; Ca= 3,3 cmol_c dm⁻³ e Mg= 1,6 cmol_c dm⁻³. Para cada cultivar, três vasos foram submetidos a condições de suficiência de fósforo através da adição de 0,55 g de superfosfato triplo moído kg de solo seco⁻¹, os quais foram utilizados para

determinação da capacidade máxima de desenvolvimento de cada cultivar. O tratamento limitante quanto ao fósforo não recebeu a adição deste fertilizante.

Para semeadura, vasos plásticos de 4 litros contendo 3 kg de solo (peso seco) foram utilizados. A correção do solo foi realizada através da adição de 0,3 g de CaO (PRNT=167%) kg de solo⁻¹ e 0,21 g de KCl kg de solo⁻¹. O solo foi corrigido 15 dias antes da semeadura, conjuntamente à adição de água até o ponto de friabilidade. Os vasos foram mantidos sob incubação até o momento da semeadura através de sacos plásticas e elásticos. As sementes utilizadas foram previamente tratadas com o produto comercial Standak® Top (fungicida e inseticida) e inoculadas através de inoculante turfoso. Após a emergência, que iniciou-se aos 5 dias após a semeadura, foram mantidas quatro plântulas uniformes por vaso. A irrigação foi realizada diariamente e a necessidade de água determinada através da pesagem dos vasos. Aos 14 e 21 dias após a emergência (DAE) as plântulas foram aspergidas com fertilizante foliar para suprir a demanda por micronutrientes. As avaliações de desempenho realizadas aos 28 (DAE) são descritas abaixo:

- a) Área foliar (Af): realizada através de três repetições de quatro plantas, através de medidor de área foliar modelo LI3100 (LI-COR Biosciences).
- b) Massa de matéria seca de raiz (Msr), caule (Msc) e folhas (Msf): realizada aos 28 dias a partir de 3 amostras de 4 plântulas por cultivar. As plantas foram separadas em raiz, caule e folhas e colocadas em envelopes de papel pardo e levadas a estufa de circulação de ar forçado, à temperatura de 70 °C, até massa constante, determinada em balança de precisão.
- c) Massa de matéria seca total (Mst): Calculada através da soma dos valores observados para matéria seca de raiz, caule e folhas.
- d) Razão raiz/parte aérea (Rrpa): calculada através da divisão dos valores observados para massa de matéria seca de raiz e a soma da massa de matéria seca de caule e folhas.

O experimento foi conduzido em Blocos Completos Casualizados com 3 repetições, em esquema fatorial simples [Cultivares (22) x Doses de fósforo (2)]. Contudo, visando desconsiderar o desempenho diferencial inherente ao genótipo quando em condições ideais de cultivo, a média dos valores obtidos para cada cultivar sob suficiência de fósforo foi considerado como 100%. Dessa maneira, os resultados de cada cultivar sob condições limitantes de fósforo foram divididos pela média da cultivar sob condições ideais, transformando os resultados em percentual. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e, atendidas as pressuposições do teste, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p<0.05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de variância para as variáveis avaliadas, pode-se observar que todas as variáveis apresentaram efeito simples para o fator cultivar. Também pode-se perceber o efeito significativo dos blocos, o qual pode ser atribuído, a semeadura escalonada de cada bloco, resultando em condições ambientais contrastantes. Em contrapartida, o desempenho relativo médio (%) para as variáveis área foliar (Af), matéria seca de raiz (Mr), matéria seca de caule (Mc), matéria seca de folha (Mf), matéria seca total (Mt) e razão raiz/parte aérea (Rrpa) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Quadro de ANOVA para performance relativa das variáveis avaliadas em 22 cultivares de soja submetidas à limitação da disponibilidade fósforo. FAEM/UFPel, Pelotas, 2019.

FV	GL	Af	Mr	Mc	Mf	Mt	Rrpa
Cv.	21	216,97**	481,49*	516,45**	292,51**	348,87**	463,69*
Bloco	2	966,06**	1193,03**	763,65*	827,39**	864,35**	370,58 ^{ns}
Res.	42	77,96	218,41	163,86	91,87	115,84	224,77
CV (%)		13,42	19,26	19,41	14,55	15,67	12,76

**Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo.

Observa-se desempenho contrastante para cada variável (Tabela 2), destacando-se, as cultivares BMX Raio RR, DM5958 RSF IPRO, SYN1561 IPRO, TMG 7062 IPRO, M6410 IPRO e DM 66i68 RSF IPRO que apresentaram desempenho superior para todas as variáveis avaliadas, seguidas pela cultivar BMX Delta IPRO, que apresentou resultados inferiores para apenas uma variável. Considerando a matéria seca total como a variável mais importante, os maiores valores para performance relativa foram observados para as cultivares BMX Delta IPRO, DM 66i68 RSF IPRO e M6410 IPRO.

Tabela 2. Desempenho relativo médio (%) de 22 cultivares de soja aos 28 dias após a emergência submetidas a disponibilidade limitada de fósforo. FAEM/UFPel, 2019.

Cultivar	Af	Mr	Mc	Mf	Mt	Rrpa
BMX Raio IPRO	63,91 a	88,73 a	69,34 a	66,41 a	73,25 a	131,18 a
NS 5258 RR	67,19 a	69,25 b	72,02 a	68,89 a	69,80 a	100,72 b
DM 53i54	65,25 a	74,90 b	64,49 a	64,47 b	69,80 a	117,06 a
BMX Zeus IPRO	64,51 a	71,60 b	64,84 a	63,48 a	65,93 a	112,37 b
DM5958 RSF IPRO	63,56 a	84,83 a	75,97 a	67,28 a	74,32 a	122,49 a
BMX Delta IPRO	72,39 a	98,37 a	102,02 a	83,56 a	92,17 a	108,42 b
M5947 IPRO	50,26 b	64,53 b	54,66 b	51,90 b	55,93 b	120,79 a
NA 5909 RG	56,82 b	64,09 b	45,77 b	50,44 b	52,23 b	137,02 a
BS 2606 IPRO	71,50 a	74,71 b	73,87 a	71,66 a	73,16 a	102,58 b
DM 61i59 RSF IPRO	66,88 a	73,81 b	66,82 a	71,07 a	70,78 a	107,67 b
SYN1561 IPRO	66,92 a	84,22 a	65,87 a	69,45 a	72,56 a	122,86 a
TMG 7062 IPRO	76,51 a	89,91 a	74,18 a	75,34 a	79,01 a	119,12 a
TMG 7262 RR	66,88 a	75,86 b	76,48 a	74,71 a	75,48 a	98,83 b
M6410 IPRO	73,29 a	98,06 a	71,96 a	77,81 a	81,45 a	127,81 a
SYN 15630 IPRO	55,26 b	61,70 b	48,06 b	50,20 b	52,58 b	127,36 a
TMG 7063 IPRO	63,58 a	74,47 b	56,34 b	62,44 a	63,77 b	127,24 a
TEC IRGA 6070	51,41 b	55,17 b	45,77 b	50,87 b	50,81 b	114,89 b
BS IRGA 1642 IPRO	55,07 b	71,47 b	51,21 b	53,39 b	57,48 b	136,10 a
DM 66i68 RSF IPRO	77,67 a	102,54 a	75,39 a	79,06 a	83,72 a	131,16 a
BMX Valente RR	72,44 a	76,29 b	64,94 a	71,46 a	70,66 a	110,22 b
BMX Ícone IPRO	83,24 a	64,84 b	76,12 a	67,21 a	68,98 a	91,78 b
CD 2737 RR	63,21 a	68,42 b	55,11 b	58,56 b	59,81 b	117,64 a
Média	65,81	76,72	65,97	65,93	68,90	117,51

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott-Knott.

A cultivar TEC IRGA 6070 apresentou desempenho inferior para todas as variáveis avaliadas, seguida pelas cultivares M5947 IPRO, NA 5909 RG, SYN 15630 IPRO e BS IRGA 1642 IPRO. Considerando-se a matéria seca total, os menores valores para performance relativa, em ordem crescente, foram observados para as cultivares TEC IRGA 6070, NA 5909 RG, SYN 15630 IPRO e M5947 IPRO, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

As cultivares BMX Raio RR, DM5958 RSF IPRO, SYN1561 IPRO, TMG 7062 IPRO, M6410 IPRO e DM 66i68 RSF IPRO apresentam performance superior para tolerância a deficiência de fósforo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, M. **Grau de saturação de fósforo em solos tropicais altamente intemperizados**. 2014. 91f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP.

CARPENTER, S. R. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. **PNAS**, Washington, v. 105, n. 32, p. 11039-11040, 2008.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Compêndio de estudos da CONAB: Evolução dos custos de produção da soja no Brasil**. Brasília: CONAB, 2016. 2v.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2019. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, safra 2018/2019, set de 2019**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >. Acesso em 12 set. 2019.

IEA (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA). Mercado de Fertilizantes: aumento das importações preocupa. **Análises e indicadores do agronegócio**, v.13, n.4, 2018.

PÉRET, B.; CLÉMENT, M.; NUSSAUME, L.; DESNOS, T. Root developmental adaptation to phosphate starvation: better safe than sorry. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 16, n. 8, p. 442-450, 2011.

RAGHOTHAMA, KG. Phosphate acquisition. **Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol**, Palo Alto, v. 50, p. 665–693, 1999.

SINGH, S. K.; REDDY, V. R.; FLEISHER, D. H.; TIMLIN, D. J. Growth, nutrient dynamics, and efficiency responses to carbon dioxide and phosphorus nutrition in soybean. **Journal of Plant Interactions**, London, v. 9, n. 1, p.838–849, 2014.

USDA (United States Department of Agriculture). **World agricultural production**. Acessado em 12 set. 2019. Online. Disponível em:
<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Cambridge, v.157, p.427–447, 2003.