

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/UFPeI – gstzimmer@hotmail.com

² FAEM/UFPeI – thaisongaratto@hotmail.com

³ FAEM/UFPeI – gabrieladiasgomesss@gmail.com

⁴ FAEM/UFPeI – victoriapatriciadias@gmail.com

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

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

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) 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 plásticos 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 inerente 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, o 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 IPRO, 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.