

Eficiência de uso de nitrogênio do caráter stay-green para seleção de genótipos de milho

Nitrogen Use Efficiency of the Stay-Green trait as Selection Criterion for Maize Genotypes

Mariana Chaves Candido⁽¹⁾

Lohan de Souza Soares⁽²⁾

Natáli Vidal do Carmo⁽³⁾

Cláudio Lopes de Souza Júnior⁽⁴⁾

Gustavo Vitti Môro⁽⁵⁾

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso de nitrogênio para o caráter stay-green em híbridos de milho. Foram avaliados 49 híbridos simples de milho em dois locais no município de Piracicaba-SP, durante duas safras, sob condições com e sem adubação nitrogenada. O caráter stay-green foi avaliado visualmente por meio de uma escala de notas variando de 1 a 5, sendo que menores valores indicaram maior permanência de folhas verdes. A eficiência no uso de nitrogênio foi estimada a partir do desempenho dos genótipos na presença e ausência de adubação nitrogenada, sendo classificados em eficientes e responsivos, eficientes e não responsivos, não eficientes e responsivos e não eficientes e não responsivos. Os genótipos 18, 20, 23 e 42 destacaram-se pela recorrente classificação como eficientes e responsivos na maioria dos ambientes. Os resultados evidenciam o potencial do caráter stay-green na seleção de genótipos mais eficientes quanto ao uso de nitrogênio.

Palavras-chave: Melhoramento genético. Senescência foliar. *Zea mays*.

Abstract

The objective of this study was to evaluate nitrogen use efficiency for the stay-green trait in maize hybrids. A total of 49 single-cross maize hybrids were evaluated at two sites in the municipality of Piracicaba, São Paulo, Brazil, during two growing seasons under conditions with and without nitrogen fertilization. The stay-green trait was visually assessed using a rating scale ranging from 1 to 5, in which lower scores indicated greater leaf greenness retention. Nitrogen use efficiency was estimated based on genotype performance under nitrogen-sufficient and nitrogen-deficient conditions, allowing classification into four groups: efficient and responsive, efficient and non-responsive, non-efficient and responsive, and non-efficient and non-responsive. Genotypes 18, 20, 23, and 42 consistently stood out as efficient and responsive across most environments. The stay-green trait showed potential as a selection criterion for nitrogen use efficiency.

Keywords: Leaf senescence. Plant breeding. *Zea mays*.

¹Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas pela Unesp/FCAV, e-mail: m.candido@unesp.br; ²Mestrando em Genética e Melhoramento de Plantas pela Unesp/FCAV, e-mail: lohan.s.soares@unesp.br; ³Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas pela Unesp/FCAV, e-mail: natali.vidal@unesp.br. ⁴Professor Doutor Aposentado em Genética e Melhoramento de Plantas pela USP/ESALQ, e-mail: clsouza@esalq.usp.br. Departamento de Genética da USP/ESALQ. ⁵Professor Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas pela Unesp/FCAV, e-mail: gv.moro@unesp.br. Departamento de Produção Vegetal, Unesp/FCAV.

1 Introdução

Entre os fatores que determinam o elevado potencial produtivo da cultura do milho o nitrogênio (N) é reconhecido como o macronutriente mais demandado pelas plantas, exigido em maior quantidade particularmente em culturas de alto rendimento, influenciando diretamente a sua produtividade (THANT et al., 2024).

Apesar de sua importância para a produtividade agrícola, a eficiência de utilização do nitrogênio pelas culturas ainda é considerada baixa em muitos sistemas produtivos, resultando em perdas significativas para o ambiente e aumentando os custos associados à adubação nitrogenada (SHARMA et al., 2026).

Dessa maneira, a identificação de genótipos que sejam eficientes ao uso de nitrogênio é fundamental para aumentar a eficiência dos processos seletivos e proporcionar um sistema de produção com menor emissão de carbono. Entre as características relevantes para a eficiência, o caráter stay-green se destaca devido à sua relação com a manutenção da atividade fotossintética durante o período de enchimento de grãos. Plantas com expressão desse caráter apresentam atraso na senescência foliar, permanecendo verdes por mais tempo e prolongando a capacidade de assimilação de carbono e nutrientes (CHIBANE et al., 2024; ANTONIETTA et al., 2024).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de uso de nitrogênio para o caráter stay-green em híbridos de milho, visando identificar genótipos promissores para programas de melhoramento genético.

2 Materiais e Métodos

Os experimentos foram instalados nas Estações Experimentais Sertãozinho e Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), ambas localizadas em Piracicaba, São Paulo, durante duas safras, totalizando quatro ambientes.

Foram utilizados 49 híbridos simples de milho em duas condições em cada ambiente, sendo uma com adubação nitrogenada em cobertura e a outra sem adubação nitrogenada em cobertura. No experimento que se utilizou adubação nitrogenada, foram aplicados 170 kg/ha ureia quando os genótipos estavam no estágio fenológico V3 – V5.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com duas repetições. Cada parcela foi constituída por uma linha de 4,0 m de comprimento com espaçamento de

0,80 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, restando 20 plantas após desbaste, representando uma população de 62.500 plantas/ha.

O caráter stay-green foi avaliado visualmente por meio de uma escala de notas variando de 1 a 5, baseada no grau de senescência foliar. Dessa forma, foram atribuídas nota 1 para as plantas com todas as folhas acima da primeira espiga e pelo menos duas folhas abaixo da espiga verdes, nota 2 para plantas com todas as folhas acima da primeira espiga verdes, nota 3 para plantas com até duas folhas acima da primeira espiga secas e as demais verdes, nota 4 para plantas com até duas folhas verdes e nota 5 para plantas com todas as folhas secas.

A eficiência de uso de nitrogênio foi calculada pela expressão a seguir, adaptada de Fageria e Barbosa Filho (1981):

$$\alpha = \frac{SGCN - SGSN}{(\bar{x}SGCN - \bar{x}SGSN)^2}$$

sendo α : eficiência no uso de nitrogênio; *SGCN*: stay-green com nitrogênio; *SGSN*: stay-green sem nitrogênio; $\bar{x}SGCN$: média geral do stay-green com nitrogênio; $\bar{x}SGSN$: média geral do stay-green sem nitrogênio.

Considerando as eficiências e a média do caráter stay-green na condição sem adubação de cobertura foram obtidos gráficos para cada ambiente, sendo os genótipos distribuídos em quatro quadrantes: eficientes e responsivos (ER), eficientes e não responsivos (ENR), não eficientes e responsivos (NER), não eficientes e não responsivos (NENR). Essa estratégia foi adaptada da metodologia proposta por Fageria and Kluthcouski (1980).

3 Resultados e Discussão

Os 49 híbridos de milho avaliados foram distribuídos nos quatro quadrantes segundo a eficiência e a responsividade, em cada ambiente, indicando a diferença entre esses genótipos quanto o uso de nitrogênio para o caráter stay-green (Figura 1).

Ocorreu variação na classificação dos genótipos entre os ambientes avaliados, evidenciando a possível influência ambiental sobre a eficiência de utilização de nitrogênio. Entretanto, alguns genótipos como 18, 20, 23 e 42 apresentaram desempenho consistente, destacando-se no grupo dos eficientes e responsivos em três ambientes, indicando maior potencial genético voltados à eficiência para o stay-green.

C

B

D

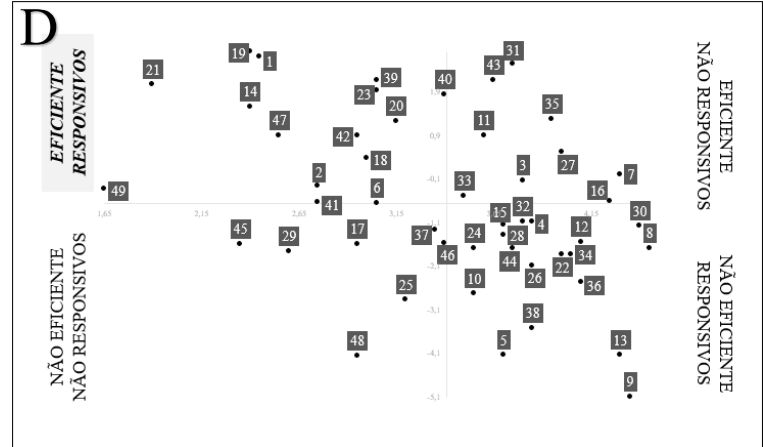


Figura 1 - Dispersão gráfica dos 49 híbridos de milho quanto à eficiência e responsividade ao nitrogênio para o caráter stay-green em quatro ambientes: Departamento de Genética Safra 1 (A) e Sertãozinho Safra 1 (B); Departamento de Genética Safra 2 (C) e Sertãozinho Safra 2 (D).

4 Conclusão

Os genótipos de milho apresentaram diferenças quanto à eficiência de utilização de nitrogênio associada ao caráter stay-green, permitindo sua classificação em diferentes grupos de eficiência e responsividade. Os genótipos 18, 20, 22, 26, 42 e 46 destacaram-se por sua recorrente classificação como eficientes e responsivos na maior parte dos ambientes avaliados, evidenciando o seu potencial para utilização em programas de melhoramento genético. Os resultados sugerem a importância do caráter stay-green como ferramenta para auxiliar na seleção de genótipos mais eficientes no uso de nitrogênio, contribuindo para o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas a sistemas agrícolas sustentáveis e com menor emissão de carbono.

Referências

- ANTONIETTA, M.; MARTINEZ, D.; GUIAMET, J. J. Delayed senescence and crop performance under stress: always a functional couple? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 75, n. 14, p. 4244-4257, 2024.
- CHIBANE, N.; REVILLA, P.; YANNAM, V. R. R.; MARCET, P.; COVELO, E. F.; ORDÁS, B. Impact of irrigation, nitrogen fertilization, and plant density on stay-green and its effects on agronomic traits in maize. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 15, p. 1399072, 2024.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Avaliação de cultivares de arroz para maior eficiência na absorção de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 6, p. 777-782, 1981.
- FAGERIA, N. K.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação das cultivares de arroz e feijão, para condições adversas de solo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1980. 22 p. (Circular Técnica, 8).
- SHARMA, A. et al. Nitrogen fertilizer use in agroecosystems: current practices, policies and recommendations for efficiency improvement. **Journal of Soils and Sediments**, Heidelberg, v. 26, p. 225, 2026.
- THANT, K. P.; NGWE, K.; MOE, K.; WIN, T. Effects of Nitrogen Fertilizer Rates on Yield and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.). **Asian Soil Research Journal**, v. 8, n. 2, p. 1–8, 2024. DOI: 10.9734/asrj/2024/v8i2146.