

MUTANTES DE ARROZ COM CICLO PRECOCE

Luis Herminio Chairez Tejeda; Raymond Joseph; Eduardo Venske; Viviane Kopp da Luz⁴; Antonio de Azevedo Perleberg⁵; Ariano Martins de Magalhães Júnior⁶; Luciano Carlos da Maia⁷; Camila Pegoraro⁸, Antonio Costa de Oliveira⁹

Palavras-chave: altura, florescimento, mutação, *Oryza sativa* L.

INTRODUÇÃO

As projeções de clima e crescimento populacional devem estender ainda mais a lacuna entre a demanda e a produção de alimentos, ameaçando a segurança alimentar global. Desta forma, um dos principais desafios dos melhoristas de culturas básicas como arroz, trigo e milho, é o desenvolvimento de cultivares com maior produtividade e tolerância a estresses bióticos e abióticos (RAZZAQ et al. 2021). No caso do arroz, o menor consumo de água também deve ser considerado, visto que no sistema irrigado por inundação é estimada a necessidade de 2000 a 5000 litros de água para produzir 1 kg de grão (SINGH et al. 2021). Para isso, uma das estratégias dos melhoristas pode ser o desenvolvimento de cultivares precoces, o que proporciona economia no uso da água.

A variabilidade genética é a base do melhoramento genético, servindo como matéria prima para o desenvolvimento de novas cultivares (SWARUP et al. 2021). No entanto, há uma preocupação mundial com relação à perda gradual da variabilidade genética na maioria das culturas. Esse estreitamento da variabilidade é devido às práticas dos programas de melhoramento, que utilizam poucos genitores nos cruzamentos e aplicam alta pressão de seleção, priorizando fenótipos específicos, ocasionando o chamado efeito de funil (WOUW et al. 2009). O progresso genético no melhoramento do arroz tem diminuído constantemente nos últimos anos em vários países, e isso é atribuído à estreita base genética dos genótipos utilizados nos cruzamentos (ALJUMAILI et al. 2018). No Brasil, um estudo desenvolvido por Buzanello et al. (2020), confirmou que a variabilidade genética nos acessos de arroz utilizados na região Sul, principal produtora de arroz do País, é estreita.

A ampliação da variabilidade pode ser obtida pela introdução de parentes selvagens e *landraces* em blocos de cruzamentos, visando a introgressão de caracteres de interesse (MAMMADOV et al. 2018, HOUR et al. 2020). Outra abordagem é a criação de variabilidade genética através da indução de mutações artificiais. Mutações podem ser induzidas aleatoriamente usando agentes químicos ou físicos. Além disso, podem ser criadas em regiões específicas a partir do uso de ferramentas de biotecnologia, como a edição de genomas (VIANA et al. 2019).

A radiação gama é um agente mutagênico físico, utilizado para indução de mutações aleatórias. Essa radiação ionizante pode induzir mudanças no DNA de forma direta ou indireta, a partir da geração de espécies reativas de oxigênio. Raios gama podem ocasionar modificações de bases (oxidação de bases, sítios abásicos) e ruptura de uma ou ambas as fitas de DNA (quebra de fita simples ou quebra de fita dupla). Durante o reparo do DNA danificado, podem ocorrer mutações como substituições, inserções ou deleções de bases, e inversões ou translocações, levando a mudanças no fenótipo (DU et al. 2022; RIVIELLO-FLORES et al. 2022).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar mutantes de arroz da cultivar BRS Pampeira, obtidos por radiação gama usando ^{60}Co , quanto à data de florescimento e estatura de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes da cultivar BRS Pampeira foram submetidas à radiação gama (^{60}Co), nas doses de 250 e 300Gy, nas dependências do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Na safra 2017/2018, foi feita seleção de plantas individuais (-2000), possíveis mutantes em geração M_1 . Na safra seguinte (2018/2019), as sementes de cada planta selecionada em M_1 deu origem a uma linha na geração M_2 . Foi feita seleção dentro de cada linha M_2 , e cada planta selecionada (-5000) deu origem a uma linha M_3 na safra 2019/2020. As melhores linhas M_3 foram selecionadas, dando origem à ~3000 linhas na geração M_4 (safra 2020/2021). Além disso, dentro das linhas M_3 foram selecionados cinco genótipos mutantes com aparente ciclo precoce, para cultivo na safra 2020/2021, em delineamento à parte. Na população M_4 , ~1000 linhas foram selecionadas para compor a geração M_5 , cultivadas na safra 2021/2022, juntamente com os cinco mutantes selecionados previamente. O cultivo foi feito usando o sistema irrigado por inundação, na Estação Experimental da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão.

No caso dos mutantes precoces, objeto deste estudo, a condução foi feita no mesmo local, porém com delineamento específico. Na safra 2020/2021, sementes das linhas mutantes e da BRS Pampeira foram semeados em linhas de 1,0m, com espaçamento de 0,20m, usando densidade de 60 sementes viáveis por metro linear. O manejo e o controle fitossanitário foram feitos de acordo com as recomendações técnicas para o cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil (SOSBAI, 2018). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições.

Na safra 2020/2021 foi analisada a data de florescimento de cada genótipo mutante em geração M_4 , que compreende o período entre o estágio S3 (ponto de agulha - emergência do perfilo do coleóptilo) e o estágio reprodutivo R4 (50% de floração - antese); e a estatura de plantas (cm), quando as mesmas estavam em R6 (expansão de um ou mais grãos em profundidade - grão leitoso). Demais caracteres, principalmente os componentes de rendimento estão sendo avaliados nesse momento, a partir de plantas M_5 , cultivadas na safra 2021/2022.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente à comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$), usando o programa WinStat (MACHADO e CONCEIÇÃO, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade de água para cultivo agrícola e outras formas de consumo antropogênico já é um problema em muitas partes do mundo, e espera-se que se torne ainda mais grave com o aumento da demanda de alimentos e com a elevação das temperaturas e mudanças nos padrões das chuvas (ELLIOTT et al. 2014). O cultivo de arroz é agrupado em diferentes ecossistemas, e embora o irrigado seja o mais produtivo, desempenhando papel significativo para atender a demanda global de alimentos, é fortemente afetado pela disponibilidade hídrica (SINGH et al. 2021). Dentro desse contexto, o desenvolvimento de cultivares de ciclo mais curto é uma das estratégias do melhoramento genético para reduzir o uso da água no cultivo sob sistema irrigado. Um exemplo é a cultivar BRS A705, recém lançada pela Embrapa, que além de possuir produtividade semelhante às cultivares de ciclo tardio, apresentou menor uso da água de irrigação (MAGALHÃES-JÚNIOR et al. 2021). Portanto, essa abordagem, juntamente com o manejo de irrigação, pode contribuir para a redução do consumo de água nessa cultura.

Neste estudo, os cinco genótipos mutantes avaliados apresentaram data de florescimento significativamente menor que a cultivar BRS Pampeira (Tabela 1), podendo ser considerados de ciclo precoce. Esse encurtamento no ciclo pode resultar em menor consumo de água.

Tabela 1. Data de florescimento e altura de planta de genótipos mutantes de arroz, obtidos a partir da cultivar BRS Pampeira submetida à radiação gama (250 e 300 Gy).

Genótipo	Florescimento (dias)	Altura (cm)
BRS Pampeira	108 a	83,1 a
250G/1 (636)	87 c	77,1 bc
250G/1 (519)	88 c	75,3 bc
250G/1 (498)	84 cd	79,7 ab
250G/1 (425)	94 b	82,8 a
300G/2 (267)	82 d	73,3 c

A estatura de plantas, outra característica importante, foi igual ou menor que a cultivar original (Tabela 1), o que reduz os riscos de acamamento. A quebra ou dobramento do caule limita o rendimento e a qualidade de grãos em arroz. Por isso, desde a Revolução Verde, a busca por cultivares de baixo porte (semi-anãs) tem sido o principal alvo dos melhoristas para reduzir o acamamento (ZHANG et al. 2016).

Resultados preliminares indicam que os genótipos mutantes apresentam produtividade e demais caracteres de importância agrônômica idênticos a cultivar BRS Pampeira, exceto o comprimento do ciclo (dados não apresentados). Outros ensaios já foram e novos serão conduzidos para avaliar os parâmetros de importância agrônômica, incluindo uso da água. Se confirmados os resultados iniciais, os cinco genótipos mutantes apresentam potencial para lançamento como cultivar de ciclo precoce.

CONCLUSÃO

Os cinco mutantes de arroz, oriundos da BRS Pampeira, apresentam tempo de florescimento significativamente menor que a cultivar original, demonstrando potencial para lançamento como cultivar precoce.

AGRADECIMENTOS

À *Food and Agriculture Organization of the United Nations* e à *International Atomic Energy Agency* (FAO/IAEA) pelo auxílio financeiro. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo auxílio financeiro e concessão de bolsas de estudo. À Embrapa Clima Temperado pela disponibilização do campo experimental para execução dos experimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALJUMAILI, S.J.; RAFII, M.Y.; LATIF, M.A.; SAKIMIN, S.Z.; AROLU, I.W.; MIAH, G. Genetic diversity of aromatic rice germplasm revealed by SSR markers. **BioMed Research International**. n. 7658032. 2018.
- BUSANELLO, C.; VENSKE, E.; STAFEN, C.F.; PEDROLO, A.M.; LUZ, V.K.; PEDRON, T.; PANIZ, F.P.; BATISTA, B.L.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; COSTA DE OLIVEIRA, A.; PEGORARO, C. Is the genetic variability of elite rice in southern Brazil really disappearing? **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 20(2), n. e262620214. 2020.
- DU, Y.; FENG, Z.; WANG, J.; JIN, W.; WANG, Z.; GUO, T.; CHEN, Y.; FENG, H.; YU, L.; LI, W.; ZHOU, L. Frequency and Spectrum of Mutations Induced by Gamma Rays Revealed by Phenotype Screening and Whole-Genome Re-Sequencing in *Arabidopsis thaliana*. **International Journal of Molecular Science**. v. 23(2), n. 654. 2022.
- ELLIOTT, J.; DERYNG, D.; MÜLLER, C.; FRIELER, K.; KONZMANN, M.; GERTEN, D.; GLOTTER, M.; FLÖRKE, M.; WADA, Y.; BEST, N.; EISNER, S.; FEKETE, B.M.; FOLBERTH, C.; FOSTER, I.; GOSLING, S.N.; HADDELAND, I.; KHABAROV, N.; LUDWIG, F.; MASAKI, Y.; STEFAN OLIN, S.; ROSENZWEIG, C.; RUANE, A.C.; SATOH, Y.; SCHMID, E.; STACKE, T.; TANG, Q.; WISSER, D. Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. **PNAS**. v. 111(9), p. 3239-3244. 2014.
- HOOR, AL.; HSIEH, Wh.; CHANG, Sh.; WU, Yp.; CHIN, Hs.; LIN, Yr. Genetic Diversity of Landraces and Improved Varieties of Rice (*Oryza sativa* L.) in Taiwan. **Rice**. v. 13, n. 82. 2020.
- MACHADO, A.; CONCEIÇÃO, A.R. Programa estatístico WinStat Sistema de Análise Estatística para Windows. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2002.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; COLOMBARI FILHO, J.M.; FAGUNDES, P.R.R.; RANGEL, P.H.N.; CARDOSO, E.T.; BRESEGHETTO, F.; NUNES, C.D.; CASTRO, A.P.; PETRINI, J.A.; ANDRES, A.; NEVES, P.C.F.; MARTINS, J.F.S.; FURTINI, I.V.; MOURA NETO, F.P.; CORDEIRO, A.C.C.; ABREU, G.B.; PEREIRA, J.A.; UTUMI, M.M. 'BRS A705': Nova Cultivar de Arroz Irrigado de Ciclo Precoce, Elevada Produtividade e Resistente ao Acamamento. **Comunicado Técnico 384**. Embrapa. Pelotas. 2021.
- MAMMADOV, J.; BUYARAPU, R.; GUTTIKONDA, S.K.; PARLIAMENT, K.; ABDURAKHMONOV, I.Y.; KUMPATLA, S.P. Wild Relatives of Maize, Rice, Cotton, and Soybean: Treasure Troves for Tolerance to Biotic and Abiotic Stresses. **Frontiers in Plant Science**. v. 9, n. 886. 2018.
- RAZZAQ, A.; KAUR, P.; AKHTER, N.; WANI, S.H.; SALEEM, F. Next-Generation Breeding Strategies for Climate-Ready Crops. **Frontiers in Plant Science**. v. 12, n. 620420. 2021.
- RIVIELLO-FLORES, M.L.; CADENA-ÍÑIGUEZ, J.; RUIZ-POSADAS, L.D.M.; ARÉVALO-GALARZA, M.L.; CASTILLO-JUÁREZ, I.; SOTO HERNÁNDEZ, M.; CASTILLO-MARTÍNEZ, C.R. Use of Gamma Radiation for the Genetic Improvement of Underutilized Plant Varieties. **Plants**. v. 11(9), n. 1161. 2022.
- SINGH, B.; MISHRA, S.; BISHT, D.S.; JOSHI, R. Growing Rice with Less Water: Improving Productivity by Decreasing Water Demand. In: ALI, J.; WANI, S.H. (eds) **Rice Improvement**. Springer, Cham. 2021.
- SWARUP, S.; CARGILL, E.J.; CROSBY, K.; FLAGEL, L.; KNISKERN, J.; GLENN, K.C. Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. **Crop Science**. v. 61, p. 839-852. 2021.
- SOSBAI, 2018. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, Cachoeirinha, RS, Brasil.
- VIANA, V.E.; PEGORARO, C.; BUSANELLO, C.; COSTA DE OLIVEIRA, A. Mutagenesis in Rice: The Basis for Breeding a New Super Plant. **Frontiers in Plant Science**. v. 10, n. 1326. 2019.
- WOUW, M.; KIK, C.; HINTUM, T.; TREUREN, R.; VISSER, B. Genetic erosion in crops: concept, research, results and challenges. **Plant Genetic Resources**. v. 8, p. 1-15. 2009.
- ZHANG, W.; WU, L.; WU, X.; DING, Y.; LI, G.; LI, J.; WENG, F.; LIU, Z.; TANG, S.; DING, C.; WANG, S. Lodging Resistance of Japonica Rice (*Oryza Sativa* L.): Morphological and Anatomical Traits due to top-Dressing Nitrogen Application Rates. **Rice**. v. 9(1), n. 31. 2016.

