

ACELERAÇÃO DO GANHO GENÉTICO PARA PRODUTIVIDADE E OUTRAS CARACTERÍSTICAS CHAVES PARA A COMPETITIVIDADE DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO

¹LOPES, S.I.G. E BRESEGHELLO², F.

Os programas de melhoramento genético de arroz buscam o contínuo aumento do potencial produtivo das novas cultivares, através do processo iterativo de cruzamento e seleção de materiais de alto rendimento. O aumento da produtividade via melhoramento genético depende do desenvolvimento de populações segregantes com alta variabilidade genética e sua avaliação em ensaios com baixo erro experimental. Em se tratando de um alimento para consumo humano, a qualidade de grãos é caráter decisivo para a adoção de novas cultivares.

Com a contínua seleção de plantas mais produtivas e adaptadas a sistemas intensivos de cultivo, ao longo dos últimos 50 anos, muitas características morfológicas e agrônomicas foram modificadas, para tornar as cultivares de arroz mais robustas, resistentes ao acamamento e competitivas com as plantas daninhas. De modo geral, destacam-se as modificações no biótipo de planta, com a redução da estatura, tipo e ângulo de inclinação das folhas, aumento na produção de massa seca total na parte aérea, no índice de colheita, na capacidade de perfilhamento e na tolerância aos estresses bióticos e abióticos (Lopes et al., 2005).

A seguir, serão discutidas as características chaves visadas pelo melhoramento genético para uma maior competitividade agrônômica e comercial do arroz:

1. Produtividade:

A produtividade é um caráter complexo, portanto o seu aumento depende da integração de várias técnicas de melhoramento e pós-melhoramento.

- a. Aceleração do ganho genético em populações elite: A teoria da genética quantitativa demonstra que o ganho genético depende da herdabilidade dos fenótipos avaliados e do diferencial de seleção, ou seja, a diferença entre a média das progênes selecionadas e avaliadas. Para maximizar a herdabilidade, é importante garantir uma boa variabilidade genética aditiva na população sob melhoramento e primar pela qualidade experimental dos ensaios de avaliação fenotípica. O uso de métodos modernos de estatística experimental e a avaliação de múltiplas repetições permitem reduzir o erro experimental e ampliar a herdabilidade. A mecanização dos processos rotineiros de experimentação a campo e a automação da manipulação de amostras em laboratório permitem aumentar o número de progênes avaliadas e, conseqüentemente, o diferencial de seleção aplicado. Combinadas, estas medidas podem acelerar a taxa de ganho genético nas populações elite exploradas pelos programas de melhoramento de arroz.
- b. Aumento da eficiência no processo de lançamento de cultivares: O aumento da produtividade das populações sob melhoramento são a base para a obtenção de variedades mais produtivas. No entanto, para que estas variedades sejam adotadas e expressem sua superioridade genética nas lavouras comerciais, é essencial que o programa de melhoramento esteja focado no ambiente alvo das cultivares e avalie suas populações em ambientes que sejam representativos das áreas de produção, quanto ao solo, clima e variáveis de manejo da cultura. O tempo decorrido entre a escolha da linhagem a ser lançada e o plantio das sementes da nova cultivar pelos

¹ Eng. Agr., Dr., Instituto Rio Grandense do Arroz – IRGA. Av. Bonifácio Carvalho Bernardes, 1494, Cachoeirinha, RS, C. P. 29 CEP: 94930-030. E-mail: sergio-lobes@irga.rs.gov.br.

² Eng. Agr., Dr. Embrapa Arroz e Feijão. Rod. GO-462, km 12, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000. E-mail: flavio.breseghello@embrapa.br

agricultores soma-se ao tempo de melhoramento em si, porém sem produzir nenhum ganho genético, uma vez que o material já se encontra fixado. Por isso, para que o melhoramento gere impacto no ambiente alvo com eficiência, este tempo deve ser minimizado.

- c. Aplicação de novas tecnologias para ganhos de eficiência de seleção: avanços tecnológicos recentes, aliando avaliação fenotípica e genotípica, podem aumentar a taxa de ganho genético para produtividade. Plataformas de fenotipagem modernas combinam ferramental de informática, robótica, mecatrônica, óptica e uma variedade de sensores para coletar dados ao nível de plantas individuais ou de dossel, em tempo real, em condições controladas ou a campo. A avaliação genotípica das progênes e linhagens com marcadores SNP, distribuídos por todo o genoma ou concentrados em genes de efeito maior, permite a seleção indireta de materiais promissores, antes da condução de onerosos ensaios de campo em múltiplos locais. Ensaios que analisam vários genes de alto valor em um só procedimento (multiplex) permitem traçar o perfil molecular das linhagens para planejamento de cruzamentos, seleção de progênes e controle de qualidade de sementes.
- d. Monitoramento dos ganhos de produtividade em populações de melhoramento: Programas de melhoramento genético devem monitorar o ganho para produtividade através do tempo, para identificar uma eventual necessidade de redirecionamento. Estes ganhos podem ser estimados utilizando os dados da rede de avaliação de linhagens, sem a necessidade de ensaios adicionais (Breseghello et al., 2011). Ganhos de produtividade na faixa de 1% a 2% ao ano podem ser considerados satisfatórios em arroz. Alcançar este nível de ganho sem comprometer a qualidade de grãos, a resistência ao acamamento e a resistência às principais doenças do arroz exige a cuidadosa composição de populações de alto potencial genético.

2. Alta capacidade de perfilhamento:

Essa característica está associada a dois aspectos muito importantes na definição do potencial produtivo de uma lavoura de arroz. O primeiro é que o número de panículas por unidade de área é um dos componentes do rendimento de grãos, de forma que um maior número de perfilhos contribui diretamente para o aumento do número de colmos férteis. O segundo ponto é a maior plasticidade frente às falhas na implantação da lavoura, seja por baixo poder germinativo ou baixo vigor das sementes ou ainda por adversidades ambientais, tais como excesso de chuvas e alagamento da superfície do solo, ataque de aves aquáticas, pássaros pretos ou pombas, fungos de solo, broco do colmo ou deficiência hídrica severa nos sistemas de semeadura em solo seco.

Poderia a baixa capacidade de perfilhamento de uma determinada cultivar ser compensada com maior densidade de semeadura? Talvez em algumas situações essa alternativa de manejo tenha resultados positivos, mas há muitas contraindicações para o uso de densidades altas ($> 120 \text{ kg ha}^{-1}$) devido à competição intraespecífica, maior suscetibilidade às doenças de colmo e ao acamamento das plantas.

Por outro lado, cultivares com alta capacidade de perfilhamento, quando cultivadas em baixa densidade, tendem a aumentar a ordem de criação de perfilhos na planta e isso pode ter consequências negativas para a qualidade do grão de arroz. Os perfilhos de ordem mais elevada (terciários, quaternários,...) apresentam ciclo de maturação mais tardio e no momento da colheita muito grãos podem estar imaturos, com maior índice de gessamento, centro-branco ou barriga-branca.

3. Resistência ao acamamento das plantas:

Esse caráter está diretamente associado ao aumento do potencial produtivo, na medida em que maior peso de grãos exige uma estrutura de plantas mais robusta e equilibrada. O Programa de Melhoramento do IRGA tem conduzido a seleção no sentido de buscar plantas com colmos mais fortes, estatura mais baixa e menor exsurgência das

panículas, com nó ciliar da panícula até 30 mm acima do colar da folha bandeira. As cultivares mais antigas como BR-IRGA 409, BR-IRGA 410 e IRGA 417 são mais suscetíveis ao acamamento em níveis de manejo mais avançados, comumente utilizados na última década. O tipo de plantas com colmos mais desorganizados e com ângulo de abertura mais elevado contribuem para o acamamento sob adubação nitrogenada superior a 100 kg.ha⁻¹. Por outro lado, as cultivares IRGA 424, IRGA 424 RI, IRGA 425, IRGA 429 e IRGA 430 tem estrutura de planta mais resistente ao acamamento devido à menor estatura, colmos mais fortes e resposta mais equilibrada à melhoria no manejo, não produzindo excesso de palha ou crescimento exagerado na estatura das plantas.

4. Resistência à toxidez por excesso de ferro no solo:

A toxidez por excesso de ferro solúvel no solo, ocasionado pela redução eletroquímica do ambiente do solo com a inundação, foi um problema que se manifestou de forma drástica com a introdução das cultivares do tipo agrônomico moderno, tais como BR-IRGA 409, BR-IRGA 410, BR-IRGA 412 e IRGA 417. Com a evolução dos programas de melhoramento e a introdução e seleção de genótipos resistentes, associado a uma eficiente metodologia de avaliação no campo, esse estresse foi superado integralmente. As últimas cultivares liberadas pelo IRGA e pela Embrapa são tolerantes à toxidez por excesso de ferro.

5. Tolerância à herbicidas para controle de arroz vermelho e adaptação ao sistema de cultivo de arroz pré-germinado

Essas características continuam sendo as duas ferramentas mais importantes do ponto de vista o melhoramento genético para o manejo do arroz vermelho, que é a planta daninha mais prejudicial e difundida nas lavouras de arroz irrigado no sul do Brasil países do MERCOSUL. Diversas cultivares já foram liberadas com resistência aos herbicidas do grupo químico das *Imidazolinonas*, tanto convencionais quanto híbridas (IRGA 422CL, IRGA 428, IRGA 424RI, BRS Sinulelo, Prime CL, QM 1010 CL, Avaxi CL, Inov CL, Puitá INTA CL e Guri CL).

O melhoramento de cultivares adaptadas ao sistema de cultivo pré-germinado é liderado pela Epagri, com inúmeras cultivares liberadas para cultivo no Brasil e diversos países sul-americanos, com destaque para as mais recentes: EPAGRI 108, EPAGRI 109, SCS 112, SCSBRS Tio Taka, SCS 114Andosan, SCS116Satoru, SCS117 CL, SCS118 Marques e SCS121 CL. No IRGA foram liberadas duas cultivares IRGA 425 (2010) e IRGA 429 (2013), ambas com genitores Epagri.

6. Resistência à brusone:

A doença causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* B. Couch (forma imperfeita *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.) tem aumentado os prejuízos na lavoura de arroz no sul do Brasil, principalmente pelo aumento da área de cultivares muito suscetíveis como Puitá INTA-CL e Guri INTA-CL. A propagação das raças do fungo que atacam essas cultivares e o consequente aumento da fonte de inóculo, somado a invernos amenos e calor intenso e alta umidade do ar durante a estação estival, os danos têm sido mais significativos, exigindo um controle químico sistemático e intenso nessas lavouras.

Dentre as alternativas de manejo da brusone, a resistência varietal deve ser sempre priorizada, por ser mais econômica e amigável ao meio-ambiente. Nesse sentido, os programas de melhoramento genético da Embrapa, IRGA, Epagri, CIAT e FLAR tem investido esforços no sentido de identificar fontes de resistência genética durável, no planejamento de cruzamentos, na seleção fenotípica e genotípica de populações e linhagens resistentes, no mapeamento da variabilidade genética do fungo, na pirimidização de genes, entre outras linhas de pesquisa. Como resultado desse trabalho, muitas variedades resistentes ou moderadamente resistentes foram liberadas no mercado do sul do Brasil, como BRS Taim, BRS Pampa, SCS 121 CL, IRGA 423, IRGA 424, Tranquilo FL INTA, entre outras.

7. Tolerância aos estresses de temperatura baixa nas fases de germinação, emergência e vegetativa e vigor inicial de plântulas

Dentre os fatores que mais contribuíram para ao aumento da produtividade média de arroz irrigado no RS na última década, passando de 5,0 t ha⁻¹ no início dos anos 2000 para 7,5 t ha⁻¹ nas safras 2010/11 a 2013/14, foi a ênfase para as semeaduras nas épocas preferenciais. Por exemplo, cultivares de ciclo longo e médio proporcionam as maiores produtividades nas semeaduras em setembro e outubro, respectivamente. Nesse sentido, a tolerância ou adaptação aos ambientes mais frios nos estádios iniciais de emergência e desenvolvimento das plantas tem sido uma característica importante para as regiões mais frias do Rio Grande do Sul e as regiões leste do Uruguai e sul da Argentina. Os programas de melhoramento tem alcançado grandes avanços nessa característica com a introdução e seleção de germoplasma mais adaptado e tolerante às temperaturas mais baixas nas fases iniciais da cultura, como o que é observado nas cultivares INIA Olimar, IRGA 424, IRGA 426, IRGA 430, BRS Firmeza e BRS Querência.

8. Tolerância aos estresses de temperatura alta na fase reprodutiva

As mudanças climáticas já estão afetando negativamente a produção de arroz no RS. No período entre 27 de janeiro e 12 de fevereiro de 2014, registrou-se um bloqueio atmosférico, que causou uma das ondas de calor mais intensas e duradoras do século (Freitas e Lopes, 2014), afetando drasticamente a produção de todas as culturas, incluindo o arroz irrigado, cuja produtividade foi reduzida da estimativa de 7,70 para 7,24 t ha⁻¹.

O bloqueio atmosférico formou uma grande massa de ar seco e quente sobre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, impedindo que as frentes frias, que trazem chuva, avançassem no sentido norte. Na maioria das vezes, essa massa de ar seco e quente fica bloqueada sobre o território do Uruguai, por um período em torno de sete dias. Nesse ano, esse bloqueio perdurou por 17 dias, impedindo que ocorressem chuvas significativas, provocando temperaturas elevadas e ventos fracos.

A onda de calor coincidiu com o início do período reprodutivo do arroz e o enchimento de grãos, aumentando a esterilidade de espiguetas e reduzindo o peso dos grãos, causando uma redução de 7,0 % na produtividade média, o que representou uma perda de mais de 500 mil toneladas de arroz em casca e cerca 340 milhões de reais de perda de receita.

Esse caráter ainda não foi adequadamente estudado pelos órgãos de pesquisa no Brasil, até porque trata-se de um problema contemporâneo e de difícil controle em condições de experimentos de campo. Novas linhas de pesquisa em câmaras de crescimento com ambiente controlado, com o objetivo de identificar fontes de tolerância às temperaturas altas na fase reprodutiva do arroz devem ser iniciadas imediatamente para fazer frente a esse estresse que está associado às mudanças climáticas globais.

9. Qualidade de grãos

O termo “qualidade do grão de arroz” é bastante amplo e inclui diversos atributos ou parâmetros industriais, tamanho e forma, aparência física, cocção, aspectos sensoriais, nutricionais e aceitação do consumidor.

No Brasil, os programas de melhoramento de arroz dão ênfase aos principais atributos considerados decisivos para a valorização no mercado e a aceitação pelo consumidor brasileiro, que são o rendimento de grãos inteiros, a aparência vítrea do grão branco polido (sem centro e/ou barriga branca), cozimento solto e macio e a adaptação ao tratamento por parboilização. Nos quesitos de qualidade de grãos de arroz para os mercados nacional e internacional, os países do MERCOSUL têm-se destacado na geração e uso de cultivares com excelente qualidade e produtividade, como INIA Tacuary, INIA Olimar, BR-IRGA 409, IRGA 417, IRGA 423, BRS Pampa, entre outras.

Bibliografia citada:

Freitas, G. e Lopes, S.I.G. (2014) Bloqueio atmosférico. **Lavoura arrozeira**, 462:41-43.

LOPES, S. I. G., LOPES, M.C.B., LIMA, A. L., SANTOS, A. S., FREITAS, P. R., CREMONESI, J., COSTA, M. S. da, LEAL, C.E.B. Avaliação do ganho genético do programa de melhoramento do IRGA no período de 1961 a 2004 In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**, 4, 2005, Santa Maria. Santa Maria: Orium, 2005. v.1. p.67 – 69.

BRESEGHELLO, F., et al. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science** 51.3 (2011): 914-923.