

FATORES DE TOLERÂNCIA A ESTRESSE HÍDRICO EM MILHO

Marcos Dhein¹; Fabiana Raquel Mühl²; Neuri Antônio Feldmann³; Anderson Clayton Rhoden⁴; Marciano Balbinot⁵

Palavras-chave: *Zea mays* L., seca, melhoramento genético.

INTRODUÇÃO

Mundialmente, o milho é o cereal com maior volume de produção, atingindo 960 milhões de toneladas, o Brasil, produz cerca de 82 milhões de toneladas em uma área de 15 milhões de hectares, representando a terceira maior produção mundial e com perspectivas de acréscimo na produção em decorrência do aumento populacional, estimado em 9 bilhões de pessoas em 2050, o que torna o país em importante centro para suprir parte desta demanda (PEIXOTO, 2014).

Fatores climáticos influenciam diretamente as culturas agrícolas, atuando no seu desenvolvimento, crescimento, incidindo nos níveis de produção e no que se refere aos tratos culturais. As relações intrínsecas das plantas com o meio são determinantes em muitas de suas atividades morfológicas e fisiológicas (MARTINS, 2012).

Os efeitos do estresse hídrico devem ser maximizados por períodos de seca mais significativos quando se relacionam ao aquecimento global, que deve favorecer picos de escassez de precipitações o que para a agricultura terá consequências negativas na produção das culturas. A falta de água para as plantas é fator limitante ao seu desenvolvimento e neste sentido a busca por genótipos que apresentam resistência ao déficit hídrico ou que sejam mais eficientes no uso da água serão de grande importância nos trabalhos de melhoramento genético (NEPOMUCENO et al., 2001; MARTINS, 2012).

Nepomuceno et al. (2001), assinala que muitos trabalhos de melhoramento genético tendem a buscar um critério final que atenda principalmente a rendimento de grãos ou a

¹ Acadêmico do curso de agronomia da FAI Faculdades, Itapiranga/SC. E-mail: marcos.dhein@hotmail.com

² Bióloga, Doutora, Professora do curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga.

³ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fitotecnia, Professor do curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciências do Solo, Professor do curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga.

⁵ Lic. em Ciências Agrícolas, Mestre em Fruticultura, Professor do curso de Agronomia da Faculdade de Itapiranga.

produção de biomassa, por exemplo, deixando de observar tolerância ao estresse de seca no período de florescimento ou enchimento de grãos, que podem ser adaptados em certos genótipos sendo efetivos em determinados locais e situações, porém, estes eventos podem passar sem serem notados. No entanto, diversas linhas citam que a tolerância a seca deve ser preferencialmente analisada através dos parâmetros de prolificidade (número de espigas por planta), intervalo entre florescimentos masculino e feminino, número de ramificações do pendão, senescência retardada das folhas e colmos “stay-green” e ajustamento osmótico. Critérios estes que podem ser avaliados em ensaios e demonstram familiaridade com a produção de grãos, além de serem citados como caracteres de forte transferência aos genitores (TOMÉ, 2009).

No que tange ao aspecto econômico, em áreas produtoras com tendência a ocasiões sem chuva a inserção de cultivares com tolerância ou resistentes ao estresse hídrico são importantes, se não necessárias, quando se observa a necessidade de água requerida pela planta em seu período crítico, compreendido entre o pré-florescimento ao enchimento de grãos, onde a necessidade de água se concentra em torno de 7 mm ao dia, podendo ser maximizada com temperaturas elevadas que estão associadas a períodos de escassez de chuvas. O aporte hídrico requerido pela planta em todo seu desenvolvimento gira em torno de 600 mm com variações regradas ao estágio de desenvolvimento, regido pelas relações intraespecíficas com o meio, sendo a falta de água um dos principais fatores que culminam em redução de produtividade (MATOS, 2012).

Na quase totalidade dos organismos, a água é recurso limitante pois, constitui maior parte do ser vivo e, em especial nas plantas, 97% da água captada se perde para a atmosfera no processo de transpiração principalmente e cerca de 2% são usados para expansão celular e 1% nos processos metabólicos. Com a falta de água no solo as plantas podem entrar no ponto de murcha permanente, este fenômeno ocorre geralmente quando o potencial hídrico do solo chega a valores abaixo de -1,5 MPa (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Na ocorrência de déficit hídrico, a severidade do estresse, o genótipo utilizado, o estágio de desenvolvimento, acarretam em inúmeras mudanças nas plantas que tem por finalidade manter suas atividades, principalmente, possibilitando seu crescimento e reprodução (NEPOMUCENO et al., 2001).

A tolerância a seca envolve muitos fatores e uma maneira para identificar na planta os eventos causadores de tal caráter é o uso de marcadores moleculares, os quais identificam regiões nos cromossomos que se destacam quando a planta atravessa um período de falta de água, resultando em alterações nos seus processos bioquímicos que são regidos por

determinados grupos de genes que se expressão perante o estresse e estes, são mapeados para que com o uso do melhoramento genético, possa se criar genótipos que expressem essas características de maneira mais clara e constante, como sendo um atributo comumente à planta, que possa ser ativo tanto em momentos que não ocorra o estresse e assim a cultura não venha a sentir de maneira tão intensa a recessão hídrica (TOMÉ, 2009).

Materiais com a característica de prolificidade ou número médio de espigas por planta, são considerados mais produtivos e mais tolerantes a altas populações, apresentando ainda maior peso de grãos e menor índice de plantas estéreis. A tolerância ao déficit hídrico, em genótipos com esse atributo tem sido destacado pelo sistema radicular mais desenvolvido, além de maior estabilidade aos estresses abióticos e competições interespecíficas em ambientes de maior adensamento. Observa-se que, em situações de estresse hídrico intenso, a média de espigas por planta pode ser até de 0,7, além de, ser de herdabilidade média a alta, com estimações de 70%. No entanto, pela herdabilidade elevada, pode haver ocorrência de quebra de colmos e acamamento dos materiais para seleção, porém, o uso conjunto do caráter de senescência retardada (*stay-green*), tende a equilibrar esses impactos. Muitos autores relatam a cooptação da prolificidade com os demais caracteres que dão tolerância ao estresse hídrico (CÂMARA, 2006).

O *stay-green*, ou senescência retardada da planta é uma característica que permite à planta manter as folhas e colmos verdes mesmo após o enchimento de grãos, onde se mantem por um período prolongado o aparato fotossintético, atributo esse, que se relaciona com a demanda de nitrogênio, carbono e minerais a outras partes da planta, principalmente nos grãos, órgão de reserva final. Quando colmos e folhas entram em processo de senescência posterior ao da espiga, isso propicia que os fotoassimilados sejam transloucados para os grãos na fase de enchimento dos mesmos, acarretando em acréscimo do peso dos grãos e melhor desenvolvimento da espiga. Esta característica favorece o incremento de matéria seca e também por manter as atividades fotossintéticas, beneficia a resistência de ataques de pragas e doenças e principalmente, a condições de déficit hídrico. Sabe-se que o caráter *stay-green* é quantitativo e possui herdabilidade alta, no entanto, observa-se que podem ocorrer variações dependendo da progênie e ambiente (ANDRADE, 2012).

Em trabalho realizado por Reis et al. (2011), o florescimento feminino teve atraso de dois dias, característico do estresse hídrico que retarda o florescimento e, outra consequência, é o intervalo maior entre o florescimento feminino e masculino que interfere na polinização reduzindo a produtividade, por isso, preconiza-se variedades que venham a aproximar o florescimento masculino e feminino com intenção de melhor polinização.

Notadamente, há uma redução na produção de grãos, como assinala Câmara (2006), devido a interceptação da luz pelo pendão da planta e, principalmente, pela competição por fotoassimilados, em especial em cultivares tropicais, onde nota-se que os níveis da fotossíntese diminuem no florescimento e isso acarreta em concorrência por fotoassimilados entre pendão e espiga, reduzindo a formação de grãos. O pendão compete por fotoassimilados devido a dominância apical, atribuída ao ácido indol acético (AIA), que interfere no desenvolvimento da espiga, pois, os nutrientes são utilizados pelo pendão e o enchimento de grãos é favorecido quando os níveis de AIA diminuem. Níveis altos de AIA causa outro problema que é o florescimento masculino antes do feminino e também a inibição da espiga inferior pela superior. Quando o tamanho do pendão é reduzido, aumenta a prolificidade da planta, em razão de menores níveis de AIA minimizando os efeitos da dominância apical. Esta relação favorece o desenvolvimento de mais uma espiga e encurta a antese com a emergência dos estilo-estigmas, fatores que se integram a resistência ao estresse hídrico.

O ajuste osmótico é considerado um dos mecanismos mais eficientes ao déficit hídrico, pois, permite a continuidade da fotossíntese e abertura estomática em situações onde a água presente no solo é pouca, permitindo que estes sistemas funcionem, mesmo de forma reduzida, possibilitando a redistribuição e assimilação de carbono e nitrogênio e ainda a manutenção do turgor e expansão dos tecidos. Este ajuste osmótico envolve o acúmulo de açúcares, ácidos orgânicos e íons no citosol, ou seja, solutos como o potássio e o cloro, além de aminoácidos, glicose, frutose e sacarose, diminuindo o potencial osmótico. Vale ressaltar que o acúmulo de solutos decorrente de estresse hídrico acontece de forma ativa, o que auxilia na retenção de água na célula que, em partes, é uma função adicional, quando que o estresse hídrico quebra o equilíbrio oxidativo/reduutivo em diversas organelas, o que leva a radicais de oxigênio bastantes reativos, sendo o ajuste osmótico um potencial para eliminação de radicais livres (CHAVES FILHO; STACCIARINI-SERAPHIN, 2001; NEPOMUCENO et al., 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o surgimento da vida fora da água, no caso das plantas, mecanismos adaptativos a esse meio foram necessários e ocasionaram a capacidade de uma enorme quantidade de espécies evoluírem e se habituar a diferentes tipos de tolerância a necessidades hídricas. Mecanismos funcionais e adaptações metabólicas foram condições essenciais para sobrevivência e restrição dos locais de ocorrência das diferentes formas de vegetais.

No tocante as plantas cultivadas pelo homem, obteve-se um elevado grau de conhecimento sobre sua ordem agrônômica, fisiologia, botânica que trouxe grande importância humanitária nas diversas sociedades e tem papel fundamental nas relações econômicas e políticas.

Com a elaboração de trabalhos de melhoramento de plantas cultivadas, o conhecimento se torna fundamental para o desenvolvimento de cultivares adaptadas aos diversos tipos de clima e regiões produtoras de interesse e, portanto, a ocorrência da restrição hídrica, não é uma característica simples e deve-se observar os vários mecanismos que trabalham de forma isolada ou em conjunto para evitar ou tolerar esses períodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. T. **Análise genética do caráter stay green em milho utilizando o delineamento III.** 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BARBOSA NETO, J. F. et al. Milho: uma cultura sob domínio humano. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivada.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 575-598.

CÂMARA, T. M. M. **Mapeamento de QTLs de caracteres relacionados à tolerância ao estresse hídrico em milho tropical.** 2006. 177 f. Tese (Doutorado) – Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. –Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica.** vol. 24. n. 2. São Paulo, 2001.

MARTINS, A. O. **Inferências genético-fisiológicas da tolerância à seca em milho.** 2012. 122 f. Tese (Doutorado) – Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

MATOS, F. M de. Produtividade do milho cultivado sob diferentes regimes hídricos. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo. n. 29. 2012. Águas de Lindóia - SP. **Anais...** Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2012. p. 2244-2250.

NEPOMUCENO, A. L. et al. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. In.: **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento.** KL3 Publicações. Brasília. n. 23. p. 12-18. nov./ dez., 2001.

PEIXOTO, C. de M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução.** DuPont Pionner. 2014.

REIS, D. P. dos et al. Correlações entre características de milho sob estresse hídrico. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas: Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil. n. 6. 2011. Búzios - RJ. **Anais...** Búzios: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Tradução de DIVAN JUNIOR, A. M. et al. Revisão Técnica de OLIVEIRA, P. L. de. 5. ed. Porto Alegre: Arned, 2013.

TOMÉ, L. G. O. **Análises biométricas e mapeamento de QTLs para tolerância à seca em milho.** 2009. 148 f. Tese (Doutorado) – Curso de Biologia Celular e Estrutural, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.