

Mecanismos de resposta das plantas ao stresse hídrico e ao calor

Existem indicadores fisiológicos que permitem caracterizar as diferentes respostas das culturas e selecionar variedades tolerantes e adaptadas que poderão ser utilizadas em regiões onde predominam condições mais desfavoráveis.

Paula Scotti, Manuela Oliveira, José Semedo, Isabel Pais e Mário Santos . INIAV, I.P.



Alterações climáticas e sustentabilidade das culturas

O aquecimento global, decorrente do aumento das emissões de gases de efeito estufa, potencia a ocorrência de fenómenos ambientais extremos. No Sul da Europa têm-se observado, com frequência, ondas de calor e secas severas prolongadas. Paradoxalmente, devido à alteração dos teores de humidade do ar e dos padrões de precipitação, associados a uma maior imprevisibilidade destes fenómenos, ocorrem também episódios de chuva excessiva que provocam situações de encharcamento e alagamento. Temperaturas elevadas, secas e inundações são algumas das consequências das alterações climáticas que limitam a produtividade das culturas, podendo também afetar a sua qualidade.

Num clima mediterrânico, com verões quentes e secos, a previsível escassez de água associada a temperaturas elevadas pode afetar fases críticas do ciclo de diversas culturas, como acontece no caso das culturas de primavera/verão (Fig. 1).

Segundo previsões do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, 2014), haverá uma subida global da temperatura em 2100 que poderá ser menos acentuada, num cenário de baixas emissões e mitigação (entre 0,3 °C e 1,7 °C), ou agravada, num cenário de elevadas emissões (entre os 2,6 °C e os 4,8 °C).

Temperaturas médias mais altas alteram os padrões de floração de espécies como a vinha, a oliveira e muitas fruteiras. Por outro lado, espécies mais exigentes em água, como o milho, poderão estar em risco devido à menor disponibilidade de recursos hídricos. Face ao agravamento destes cenários, o 5.º Relatório do IPCC reforça a necessidade de tomar medidas de adaptação em vários setores, sendo a agricultura uma importante área de atuação, com vista a uma maior

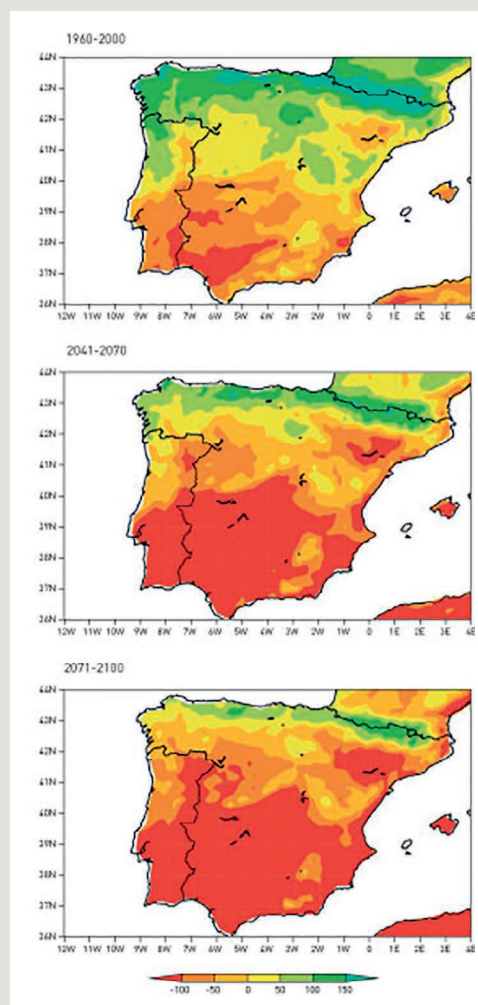


Figura 1 – Previsão do índice de seca na Península Ibérica até ao final do séc. XXI (Fonte: Vine to wine circle 2013)

sustentabilidade das culturas, preservando a sua produtividade e qualidade com importante impacto na economia do empresário agrícola e no mundo rural.

Desde sempre as plantas foram sujeitas a mudanças climáticas, e a biodiversidade que hoje observamos e muitas das características que as espécies apresentam são resultado já de um longo processo evolutivo, que

possibilitou o aparecimento das adaptações mais diversas a distintos ambientes, como se comprova pela vasta distribuição geográfica que as espécies apresentam. Algumas dessas adaptações são muito evidentes e facilmente reconhecíveis, como se observa nas plantas xerófitas (catos) que acumulam água nos seus caules e apenas abrem os estomas durante a noite como forma de evitar a desidratação e sobreviver em climas desérticos. Outras requerem técnicas de análise a vários níveis, para se entender a tolerância ou capacidade de adaptação aos stresses ambientais. Ao nível fisiológico ocorrem mecanismos que asseguram a resposta das plantas a flutuações de fatores como a temperatura e a água. Dentro de certos limites, essas variações são detetadas pelas plantas e servem como sinais que regulam o seu funcionamento. Dependendo do grau e duração do stresse, desencadeiam-se mecanismos de resposta muito diversos, que podem contribuir para manter o metabolismo e a funcionalidade das células, salvaguardando o seu crescimento. No entanto, se ocorrerem alterações mais fortes, o desenvolvimento da planta pode ser comprometido afetando a produção. A sua sobrevivência está fortemente dependente da tolerância e capacidade de resposta das diferentes espécies e variedades a essas alterações ambientais.

A utilização de variedades adaptadas pode fazer parte das medidas para fazer face às alterações climáticas. Existem indicadores fisiológicos que permitem caracterizar as diferentes respostas das culturas e selecionar variedades tolerantes e adaptadas que poderão ser utilizadas em regiões onde predominam condições mais desfavoráveis.

Enfrentar o calor e a seca

Numa situação de stresse hídrico e térmico, as plantas desencadeiam diferentes me-

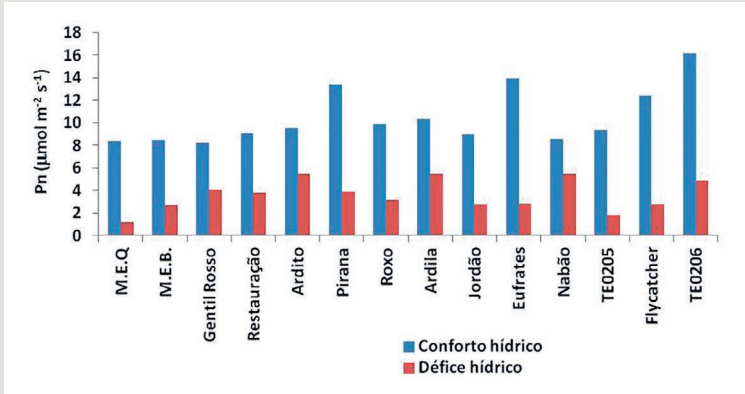


Figura 2 – Efeito do déficit hídrico na taxa de fotossíntese líquida (Pn) em genótipos de trigo mole

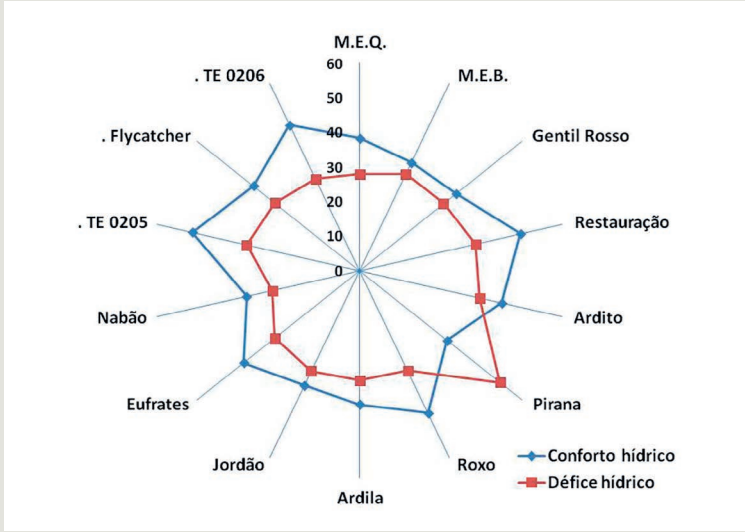


Figura 3 – Produção de grão, expressa como peso de mil grãos (g), em genótipos de trigo mole sujeitos a déficit hídrico na pós-anterse



Figura 4 – Utilização de um IRGA para determinação de trocas gasosas em folhas de milho e trigo sujeitas a diferentes regimes hídricos

canismos para “escapar”, como, por exemplo, o encurtamento do ciclo de vida, fazendo com que a fase reprodutiva seja antecipada e não ocorra no período mais seco ou quente. No entanto, algumas respostas das plantas também permitem “evitar”, ou mesmo tolerar, estes stresses. Em condições de escassez hídrica ou de subida da temperatura, a primeira “estratégia” da planta é o controlo estomático com o fecho dos estomas, preservando a água nos tecidos e evitando a desidratação que poderia afetar o metabolismo

celular. Esse mecanismo ocorre de forma transitória ao longo do dia, de acordo com as variações diurnas de alguns fatores, tais como o teor de água no solo, a temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar. Se por um lado o fecho estomático reduz a transpiração, por outro restringe o acesso do CO₂ ao interior das células, o que se traduz numa diminuição da fotossíntese (Fig. 2) e num aumento da taxa respiratória. A redução da assimilação de CO₂ daí resultante pode refletir-se num decréscimo da produção (Fig. 3). A fotossíntese líquida e a condutância estomática são monitorizadas *in vivo*, com um analisador de gases portátil (IRGA).

Desta forma, a cultura pode ser acompanhada periodicamente até ao final do seu ciclo, quer no campo quer através de ensaios em condições controladas (Fig. 4). Algumas variedades diferem no controlo estomático e na eficiência do uso da água (fotossíntese/transpiração). Em regiões quentes e secas, será vantajoso utilizar variedades que apresentam maior eficiência do uso da água, sem prejuízo da produção.

Mecanismos de resposta ao nível celular

O metabolismo celular está estritamente dependente da compartimentação celular, e, como tal, da capacidade de manutenção da integridade membranar. Quando as condições de escassez hídrica ou temperatura elevada perduram, provocam uma desidratação gradual e/ou a subida da temperatura das folhas, gerando também um stresse oxidativo e a produção de radicais livres de oxigénio (ROS).

As membranas celulares são alvos preferenciais dos stresses a que as plantas se encontram sujeitas. A matriz lipídica dessas membranas contém ácidos gordos polinsaturados muito suscetíveis a fenómenos de peroxidação, desencadeados pelos ROS, que promovem diversos processos de degradação e senescência das células. O teste de fuga de eletrólitos permite avaliar os danos membranares resultantes do déficit hídrico ou do calor, sendo possível comparar *in vitro* a tolerância protoplásmica de vários genótipos, em condições experimentais controladas. Para tal, discos foliares são retirados das plantas sujeitas aos tratamentos no campo ou em estufa e colocados a flutuar em água. O índice de dano (I%) é um importante indicador do nível de afetação da integridade membranar. O aumento da

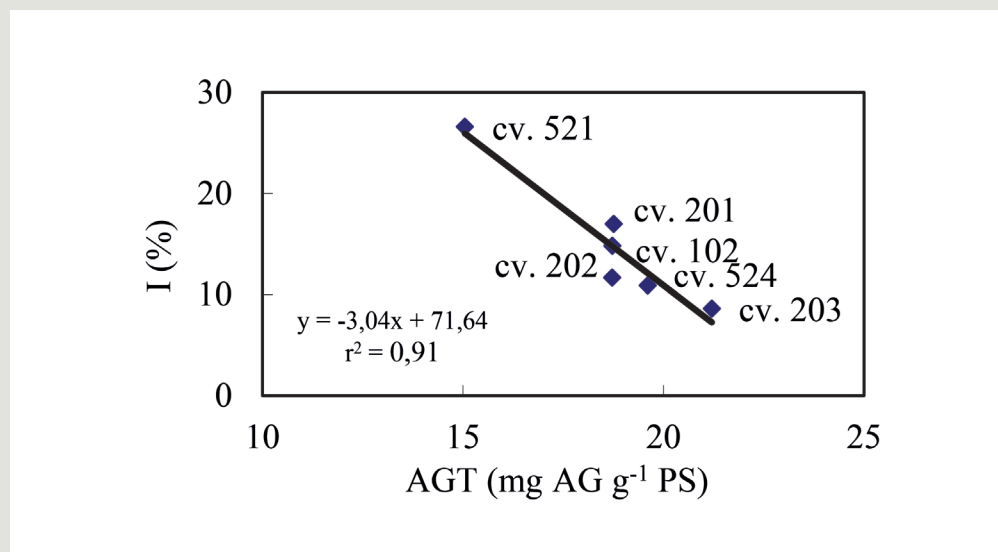


Figura 5 – Correlação entre o dano membranar, expresso como I%, e o teor de ácidos gordos totais (AGT) em genótipos de *Pachyrhizus ahipa* após uma desidratação com polietilenoglicol (PEG)

condutividade da água devido à perda de eletrólitos será tanto maior quanto maior for o dano membranar. Encontra-se com frequência uma correlação positiva entre a degradação de lípidos e um aumento de I%, que revela uma menor tolerância ao calor ou à desidratação (Fig. 5).



Figura 6 – Doseamento de pigmentos foliares

Algumas plantas possuem mecanismos antioxidantes eficazes que as protegem em situações de stresse, atenuando os danos celulares provocados pelos ROS. O aumento do teor de carotenoides relativamente às clorofilas tem um papel de defesa do sistema fotossintético contra o stresse oxidativo (Fig. 6). A análise quantitativa e qualitativa dos lípidos membranares pode revelar alterações, nomeadamente ao nível da insaturação dos ácidos gordos, que contribuem para a manutenção da fluidez membranar e con-

ferem uma maior capacidade de tolerância a condições ambientais adversas.

Conclusões

Estas metodologias são importantes ferramentas que dão suporte a estudos de comparação de variedades no âmbito de programas de melhoramento. Têm sido utilizadas para caracterizar algumas respostas ao deficit hídrico e às temperaturas elevadas em coleções de germoplasma, contribuindo na identificação de indicadores fisiológicos úteis para a seleção de variedades resistentes. O uso dessas variedades pode contribuir para uma estratégia de adaptação da agricultura em zonas mais vulneráveis e suscetíveis às alterações climáticas. ☺

Bibliografia

- Scotti-Campos, P.; Semedo, J.N.; Pais, I.P.; Oliveira, M.; Passarinho, J.; Santos, M.; Almeida, A.S.; Costa, A.R.; Pinheiro, N.; Bagorro, C.; Coco, J.; Costa, A.; Coutinho, J.; Maças, B., 2015. Physiological responses to drought in four developed *Triticum aestivum* groups. *Emir. J. Food Agric.*, 27(2): 178-185.
- Scotti-Campos, P.; Semedo, J.N.; Pais, I.P.; Oliveira, M.; Passarinho, J.; Ramalho, J.C., 2014. Heat tolerance of Portuguese old bread wheat varieties. *Emir. J. Food Agric.*, 26(1): 170-179.
- Campos, P.S.; Quartin, V.L.; Ramalho, J.C.; Nunes, M.A., 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. plants. *J. Plant Physiol.*, 160: 283-292.
- IPCC, 2014. *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <http://www.vinetowinecircle.com/en/terroir-2/viticultural-regions-of-the-iberian-peninsula-in-the-light-of-climate-change/>