



Mellora do millo fronte ao cambio climático: fontes de tolerancia á seca

As variacións na temperatura, na humidade e na calidade do noso solo provocadas polo incesante cambio climático afectan directamente á xestión dos cultivos de millo forraxeiro. Neste traballo abórdase o estudo da tolerancia á seca en diferentes variedades de millo e as consecuencias que poden ter no seu rendemento.

P. Revilla¹, A. Djemel^{2,4,5}, L. Álvarez-Iglesias¹, N. Pedrol^{2,4}, A. López-Malvar^{2,4}, Ely Gutiérrez³, Roger Reyes³, B. Ordás¹, A. Butrón¹, J.C. Jiménez-Galindo¹, A. Ordás¹, R. Santiago^{2,4}, A. Cao^{1,2}, D. Figueroa¹, M. Caicedo¹, A. Alonso¹, B. Lago¹, A. Carballeda¹, M. Martínez¹, R. A. Malvar¹

¹Misión Biolóxica de Galicia (CSIC), Pontevedra

²Universidade de Vigo

³CODDEFFAGOLF, Honduras

⁴Agrobioloxía Ambiental. Calidade de Solos e Plantas (Universidade de Vigo). Unidade Asociada a Misión Biolóxica de Galicia (CSIC)

⁵École Nationale Supérieure Agronomique (Arxel, Arxelia)

Os datos dos que dispoñemos indican que o cambio climático afectará negativamente aos cultivos de xeito global, aínda que a escala local os efectos esperados son variables. Por exemplo, en Pontevedra, o clima será lixeiramente máis extremo e irregular. O cambio climático xa está

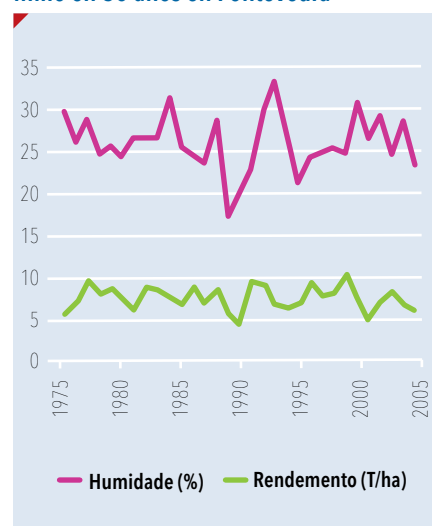
a prexudicar os cultivos especialmente nos países en vías de desenvolvemento, onde se dispón de menos recursos para afrontar este problema, pero España e a área mediterránea, en xeral, tamén están expostas aos seus efectos negativos. Segundo indican os modelos publicados, estes cambios

inclúen variacións nas temperaturas e na cantidade e nos patróns da distribución das chuvias, de modo que aumentarán os fenómenos meteorolóxicos adversos, especialmente os períodos de seca.

Entre 1975 e 2005, as variacións no rendemento e na humidade do millo en Pontevedra foron irregulares e non seguiron unha tendencia significativa, nin de aumento nin de diminución (figura 1). Estes datos son coherentes coas variacións climáticas que se observaron durante ese período, pois tan só houbo unha suba das temperaturas máximas e unha diminución das temperaturas mínimas de 0,08 °C/ano en ambos os sentidos, á vez que se observou unha distribución irregular da chuvia. Por outra banda, durante estes anos introducíronse variedades progresivamente máis produtivas e esta mellora non se reflectiu nos rendementos, o que suxire que podería haber unha compensación entre a achega positiva das novas variedades e a negativa das novas condicións ambientais.

Dende o ámbito da mellora de cultivos, temos a posibilidade de desenvolver variedades capaces de afrontar condicións climáticas adversas, así como as pragas e as enfermidades que

Figura 1. Rendemento e humidade do millo en 30 anos en Pontevedra



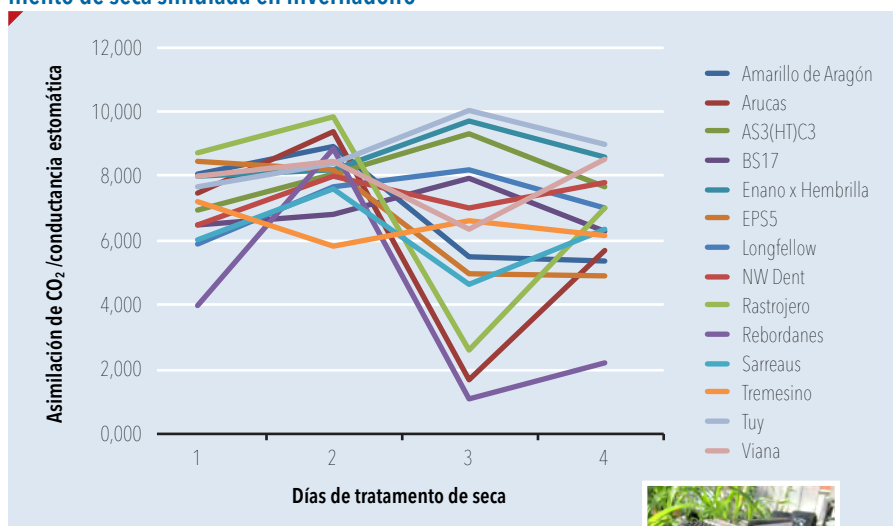
► O DESENVOLVEMENTO RADICULAR XOGA UN PAPEL CLAVE NA ADAPTACIÓN Á SECA

vaian asociadas ás novas condicións climáticas. Para iso, necesitamos atopar variedades que lles poidan proporcionar tolerancia aos diversos niveis de estrés e identificar os posibles mecanismos de tolerancia que estas variedades poidan achegar. Durante os últimos anos, na Misión Biolóxica (CSIC) avaliamos coleccións de variedades de millo locais e exóticas para atopar fontes e mecanismos de tolerancia á seca.

En primeiro lugar, avaliamos unha colección de variedades da nosa zona climática en condicións simuladas de seca utilizando un polímero chamado Polietilenglicol 6000 (PEG6000) que impide a captación de auga polas raíces. Puidemos constatar que hai variación na resposta das diversas variedades fronte á seca dentro dos rangos de seca normais para as nosas condicións, pero ningunha das variedades avaliadas mostraba unha capacidade destacable na eficiencia do uso da auga (medida como a relación entre a taxa fotosintética e a conductancia estomática) a medida que progresaba o tratamento de seca (figura 2). Observamos que as variedades responden á seca mellorando a súa eficiencia no uso da auga cando comezan a experimentar a seca, pero, en xeral, teñen reducións posteriores da eficiencia a medida que a seca progresa, experimentando altibaixos segundo as condicións ambientais de cada día.

Nun segundo estudo, avaliamos a resposta á seca dunha colección de variedades de millo procedentes dos oasis do deserto do Sáhara alxerino, tanto en laboratorio como en campo, en Alxer e en terreos do INORDE en Xinzo de Limia (figura 3). Estas variedades foron seleccionadas polos agricultores para ser capaces de producir millo nas condicións extremas do deserto, polo que esperabamos que desenvolvesen mecanismos de adaptación a temperaturas extremas e seca. De feito, observamos que algunhas destas variedades destacaban polo seu valor agronómico en condicións de seca en relación co seu comportamento en condicións óptimas de rega. Nalgúns casos a tolerancia á seca era particularmente importante en xerminación; noutros, en

Figura 2. Eficiencia no uso da auga (taxa fotosintética/conductancia estomática, medidas co equipo que se mostra na fotografía) de 14 variedades de millo durante 4 días de tratamento de seca simulada en invernadoiro



desenvolvemento radicular e, noutros, na eficiencia do uso da auga. Aínda que o rendemento destas variedades é baixo de acordo coas nosas expectativas, estas variedades do deserto poden achegar xenes de tolerancia á seca que poderemos utilizar en sucesivos programas de mellora.

Nestas dúas primeiras fases, constatamos que hai variabilidade dentro do millo da nosa contorna xeográfica mediterránea para a tolerancia á seca e que esta tolerancia se expresa en diferentes caracteres que poderíamos combinar e incorporar ás nosas variedades adaptadas e selec-

cionadas por alto valor agronómico. Non obstante, a biodiversidade dispoñible no xermoplasma de millo de Europa e África é limitada se se compara coa existente en América, xa que o millo se orixinou en Centroamérica hai uns 10.000 anos e diversificouse enormemente durante milenios. Pola contra, só unha parte desa diversidade foi introducida en Europa e no resto do mundo dende a conquista de América hai cinco séculos. Por tanto, cabe a posibilidade de que o millo centroamericano desenvolvese outras formas de adaptación á seca que non estean presen-



Figura 3. Avaliación de variedades do Sáhara arxelino en terreos do INORDE (Xinzo de Limia) en condicións de seca (esquerda) e con rega (dereita), onde se aprecia o menor crecemento das variedades en seca

► EXISTEN VARIEDADES DE MILLO TOLERANTES Á SECA E ESTA TOLERANCIA EXPRÉSASE EN DIVERSAS CARACTERÍSTICAS AO LONGO DO CICLO DE CRECEMENTO DA PLANTA

En consecuencia, unha terceira fase consistiu na avaliación dunha mostra de variedades procedentes dunha zona tropical árida en Honduras. Debido á falta de adaptación destas variedades tropicais, non é posible avalialas en campo no noso ambiente, polo que nos limitamos a avaliacións *in vitro* e en invernadoiro na fase xuvenil mediante o uso de PEG6000 (figura 4).

Nesta mostra atopamos variedades tolerantes á seca dende a xerminación ata a fin do estadio xuvenil. Algunhas destas variedades destacaron pola súa tolerancia á seca nun só aspecto, pero outras comprendían diversas formas de tolerancia. O desenvolvemento radicular xoga un papel clave na adaptación á seca e nesta mostra de variedades puidemos identificar tres formas de tolerancia á seca en planta xuvenil relacionadas co desenvolvemento radicular:

1. Manter o desenvolvemento radicular conxunto.
2. Manter o número e masa de raíces secundarias a expensas da principal.
3. Manter a lonxitude da raíz principal a expensas das secundarias.

En conxunto, estes resultados indican que existen variedades de millo tolerantes á seca e que esta tolerancia se expresa en diversas características ao longo do ciclo de crecemento da planta. Os mecanismos de tolerancia á seca que identificamos poderían incorporarse a variedades melloradas que puidesen combinalos cos caracteres de valor agronómico e de calidade. Así e todo, para optimizar este proceso, é preciso estudar a base xenética e fisiolóxica que os sustenta. Precisamente, xa iniciamos tanto a obtención de li-



Figura 4. Avaliación de variedades en condicións de seca simulada en invernadoiro

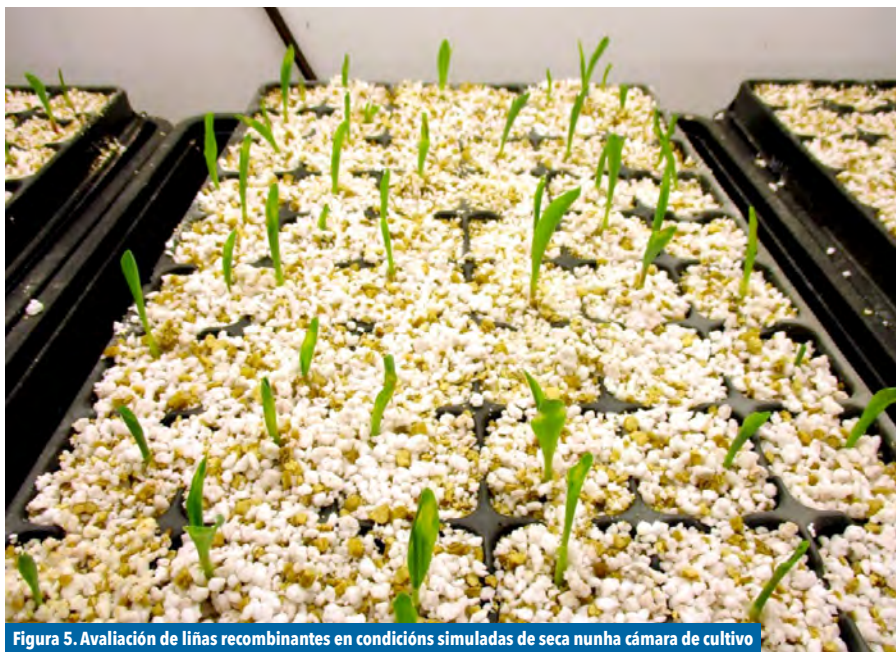


Figura 5. Avaliación de liñas recombinantes en condicións simuladas de seca nunha cámara de cultivo

ñas a partir do material tolerante á seca como o estudo da súa regulación xenética. O primeiro paso desta nova fase consiste na avaliación de liñas que presentan diversas combinacións xénicas para identificar os xenes que poden estar asociados á resposta á seca (figura 5).

Unha vez concluídas estas fases iniciais de estudo da diversidade e da base xenética da tolerancia á seca en millo, continuaremos coa obtención de variedades con maior tolerancia á seca, así como co estudo dos mecanismos xenéticos e fisiolóxicos que explican esta tolerancia. ■