



Como inflúe a parede celular no aproveitamento do millo?

Neste traballo recompílanse as recentes investigacións que tiveron como obxectivo principal o estudo integran das diferentes compoñentes da parede celular do millo e a súa influencia conxunta na resistencia a pragas, a dixestibilidade e a produción de bioetanol.

Ana López-Malvar^{1*}, Lorena Álvarez²⁺, Ana Butrón^{2*}, Rocío Campañó²⁺, Ana Carballeda⁺, Nadia Chibane²⁺, David José Figueroa²⁺, Noemi Gesteiro^{2*}, Rosa Ana Malvar^{2*}, Mercedes Martínez²⁺, Amando Ordás^{2*}, Juan Carlos Pazos^{2*}, Pedro Revilla^{2*}, Amanda Verde²⁺, Rogelio Santiago^{1*}

¹Facultade de Bioloxía, Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencias do Solo, Universidade de Vigo, As Lagoas Marcosende, Vigo 36310, Pontevedra. Agrobioloxía Ambiental, Calidade de Solos e Plantas (UVIGO), Unidade Asociada á MBG (CSIC)

²Misión Biolóxica de Galicia (CSIC), Pazo de Salcedo, Carballeira 8, 36143, Pontevedra

*Equipo científico

+Equipo técnico

A isto hai que engadir o millo forraxeiro, con máis de 3 millóns de toneladas producidas en España.

Ademais de pola súa grande adaptación e produción, o cultivo de millo destaca pola súa gran versatilidade de aproveitamentos ou usos economicamente importantes. Á parte do uso do gran para alimentación humana ou produción de pensos para o gando, tamén pode ser destinado a fins industriais. Con todo, o restrollo que queda tras a colleita do gran tamén é unha materia prima excelente para a produción de bioetanol que non implica subtraer recursos dos que actualmente se dedican a alimentación, xa que un único cultivo permite un dobre aproveitamento. Así mesmo, a planta completa, incluíndo a mazaroca, pode servir de alimento para o gando. O millo forraxeiro é a fonte de enerxía principal para os ruminantes e en Galicia é especialmente importante, xa que o producido nesta comunidade autónoma representa o 75 % de todo o millo forraxeiro español.

A optimización do proceso de produción de bioetanol e aproveitamento do millo forraxeiro debe centrarse na cantidade e a calidade da biomasa da planta. A melloira da cantidade refírese a maximizar a produción en termos de toneladas de material por unidade

A VERSATILIDADE DE USO DAS PLANTAS DE MILLO

O millo é un de cultivos máis importantes a nivel mundial, tanto pola súa produción, precedendo ao trigo e ao arroz, como por estar adaptado a practicamente calquera rexión do planeta. En España, en 2018,

a superficie que se dedicou ao cultivo de millo para o seu uso en gran foi de 322.000 hectáreas, o que equivale a unha produción total de 3.842.500 toneladas, das cales 75.200 se destinaron á produción de bioetanol. Esta produción equivale economicamente a 678 millóns de euros (MAPAMA, 2018).



► A OPTIMIZACIÓN DO PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL E APROVEITAMENTO DO MILLO FORRAXEIRO DEBEN CENTRARSE NA CANTIDADE E A CALIDADE DA BIOMASA DA PLANTA

de área, mentres que a mellora da calidade da biomasa se refire fundamentalmente á dixestibilidade, que se ve directamente influenciada pola composición e organización da parede celular. A conversión de biomasa lignocelulósica (restollo) en etanol é un proceso que involucra fundamentalmente tres etapas: (i) unha etapa de pretratamento, seguida por (ii) a degradación hidrolítica dos carbohidratos aos monómeros de azucre constituíntes (sacarificación), e (iii) a fermentación final de azucres libres a etanol. O principal obstáculo no proceso de dixestión da biomasa é a recalcitrancia da parede celular (envolta que rodea as células vexetais actuando como exoesqueleto, o que lle proporciona rixidez e protección á célula), definida como a resistencia desta á degradación por parte de microbios e as súas encimas. En especies forraxeiras, a fibra comprende 300-800 mg/g do contido da materia seca. Desafortunadamente, menos do 50 % desa fibra é dixerida e aproveitada polo animal por mor da composición da devandita fibra e doutros compoñentes da parede celular que limitan a degradación do tecido por parte dos microorganismos da ru-

minación, polo que o incremento da calidade da forraxe se centrou en aumentar a dixestibilidade da parede celular. Por outra banda, aumentar a calidade do restollo para a produción de biocombustible e mellorar a súa dixestibilidade implica aumentar os litros de biocombustible por unidade de biomasa.

Porén, a parede celular é unha barreira fronte ao ataque de herbívoros, polo que as modificacións para optimizar a produción de etanol e a dixestibilidade da forraxe poden comprometer a resistencia da planta fronte ás pragas. As plantas de millo son consumidas por gran cantidade de insectos herbívoros. Máis concretamente, os vermes do arame (*taladros*) son insectos lepidópteros que se alimentan da medulla da cana do millo, e produce galerías que ocasionan perdas de rendemento aproximadamente do 30 %, o que equivale, a nivel mundial, a perdas de 311.3 millóns de toneladas anuais. No noroeste de España as perdas medias son do 15 % e son causadas maioritariamente polo verme do arame mediterráneo *Sesamia nonagrioides* Lef; aínda que o dano causado polo verme do arame europeo *Ostrinia nubilalis* é tamén importante. ► Ade-



**VARIEDADES DESDE
CICLOS 200 A 700**



mi cosecha

LA MEJOR GENÉTICA PARA UN GRAN RESULTADO



**VARIEDAD
CHAMBERI**
El 280 más productivo

Análíticas CIAM 2020

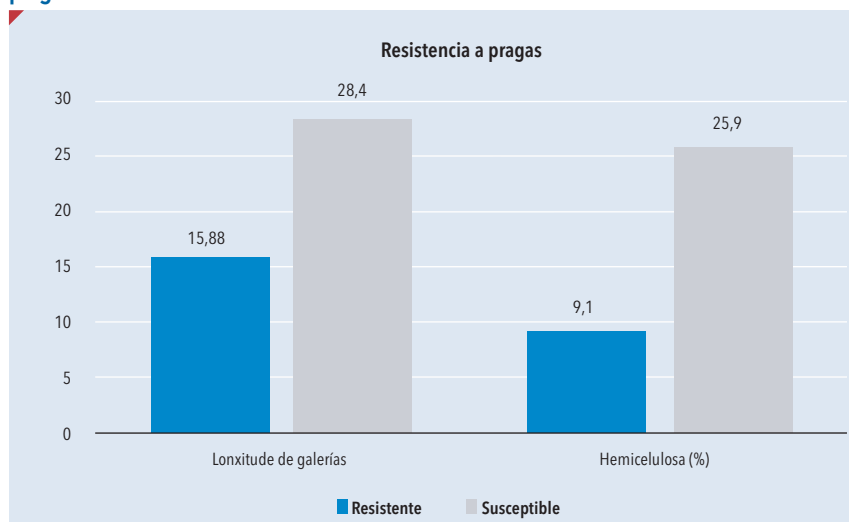
DÍAS S-C (días)	ALTURA (cm)	ESPIGA (%MS)	RMS (t/ha)	RMOD (t/ha)	IP	DMO (%)	PB (%MS)	AÑOS
126	273	49,8	23,8	16,8	126	73,0	6,7	2



Agroeume S.L.

LUGAR VILARÓN, 7 - 15613 CAPELA (A CORUÑA)
Tlf: 981 45 92 00 - 609 89 29 40 compras@agromera.com

Figura 1. Características da parede celular para liñas de millo resistentes e susceptibles á praga do verme do arame



mais da cantidade de tecido do que se alimentan as larvas, as galerías producidas no talo interfíren no transporte de nutrientes pola planta e asimilados cara á mazaroca, e incrementan o encamado.

A parede celular ten un papel esencial nas plantas, xa que proporciona estrutura e rixidez á célula, determinando o seu tamaño e a súa forma. As propiedades estruturais e funcionais da parede celular están controladas pola composición e organización dos seus compoñentes individuais. Esta composición está definida por catro fraccións principais: celulosa, hemicelulosa, lignina e hidroxicinamatos. As devanditas fraccións relacionáronse ben positiva ou negativamente cos aspectos economicamente importantes do cultivo anteriormente mencionados. A celulosa é o polímero máis abundante na natureza, actúa de soporte estrutural para a parede e confírelle estabilidade. A hemicelulosa ten función de matriz que entrecruza a celulosa e a lignina mediante hidroxicinamatos. A lignina é o

segundo biopolímero máis importante da natureza, aumenta a resistencia mecánica e a rixidez da parede. A lignina está formada por tres subunidades: S, G e H. En canto aos hidroxicinamatos, os máis importantes no millo son o ácido p-cumárico, unido á subunidade S da lignina e o ácido ferúlico. Este último ten a capacidade de formar dímeros que entrecruzan as cadeas de hemicelulosa aumentando a rixidez da parede celular e conferíndolle unha maior resistencia mecánica.

NOVOS AVANCES NO ESTUDO DESTA RELACIÓN

Neste contexto, as recentes investigacións levadas a cabo pola Unidade Asociada Agrobioloxía Ambiental da Universidade de Vigo e a Misión Biolóxica de Galicia (CSIC) tiveron como obxectivo principal o estudo integral dos diferentes compoñentes da parede celular e a súa influencia conxunta na resistencia a pragas, a dixestibilidade animal e a produción de bioetanol. Un dos obxectivos

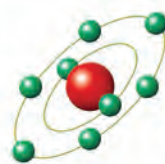
específicos desta investigación consistiu nunha caracterización bioquímica da composición da parede celular de 20 liñas puras de millo. Isto permitiunos o estudo da relación dos diferentes compoñentes da parede celular e determinar en que grao cada compoñente inflúe nos diferentes aproveitamentos do millo.

Observouse que, efectivamente, a composición da parede celular inflúe de maneira significativa e particular nos diferentes aproveitamentos do cultivo (figuras 1-3). Facendo unha simplificación dos resultados, podemos comentar os seguintes aspectos:

Unha liña pura de millo resistente ao ataque do verme presentaría baixo contido en hemicelulosa. Neste sentido varios estudos mostraron que esta é parcialmente dixerible polos insectos, polo que unha parede celular cun maior contido en hemicelulosa podería traducirse nun maior dano por parte das larvas.

En relación ao aproveitamento etanólico, determinamos a eficiencia da sacarificación, que proporciona unha estimación dos azucres potencialmente utilizables no proceso posterior de fermentación. Neste caso, as liñas que presentan alta eficiencia de sacarificación son máis ricas en celulosa e diferulatos. Un maior contido de celulosa supón unha maior cantidade de azucre (glicos) que pode ser fermentado, mentres que un maior contido en diferulatos favorecería a produción de bioetanol. Este último resultado chama a atención porque, en estudos previos, altas concentracións de diferulatos se relacionaron cunha parede celular máis resistente á deconstrución, aínda que pode explicarse porque os materiais con maiores contidos en diferulatos responderían mellor aos pretratamentos alcalinos que se adoitan

**EL NITRÓGENO MÁS EFICIENTE
PARA LAS PLANTAS Y AMIGABLE
PARA EL MEDIO AMBIENTE**



eNelent®

Distribución:

Lugo ZONORT | Tel.: 666 530 517 | A Coruña Javier Veiras | Tel.: 626 432 142



Tel.: 977 740 322

► OBSERVOUSE QUE, EFECTIVAMENTE, A COMPOSICIÓN DA PAREDE CELULAR INFLÚE DE MANEIRA SIGNIFICATIVA E PARTICULAR NOS DIFERENTES APROVEITAMENTOS DO CULTIVO

aplicar nos primeiros pasos do proceso industrial, liberándose posteriormente os azucres con maior facilidade.

Por último, as liñas que mostraron unha mellor dixestibilidade animal tamén mostraron un baixo contido en fibras, combinado cunha lignina rica en subunidades G. Como se comentou anteriormente, o alto contido en fibra afecta negativamente á dixestibilidade, xa que limita a captación de enerxía derivada dos azucres da parede por parte do gando. A maiores, unha lignina tipo G beneficia o proceso de dixestión, xa que supón ligazóns menos condensadas e resistentes dentro do polímero de lignina.

CONCLUSIÓN

En resumo, aínda que non é posible lograr unha parede celular que cumpra simultaneamente con todos os requisitos para influír de forma positiva na resistencia, a produción etanólica e o aproveitamento forraxeiro, si é posible propor diferentes tipos de composición de parede en función do uso final do cultivo.

Nesta investigación, ademais de propor o uso de certos compoñentes en programas de mellora baseados na avaliación do fenotipo da planta, tamén se suxire avanzar mediante un enfoque de selección xenómica,

Figura 2. Características da parede celular para liñas de millo con alta e baixa sacarificación

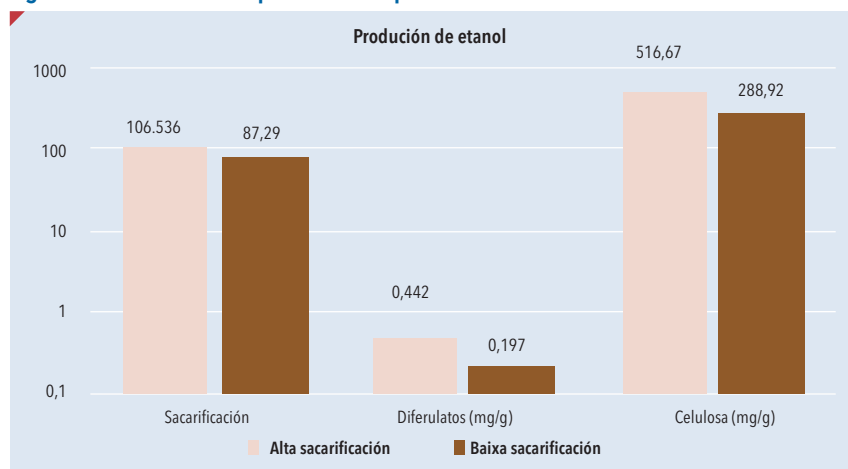
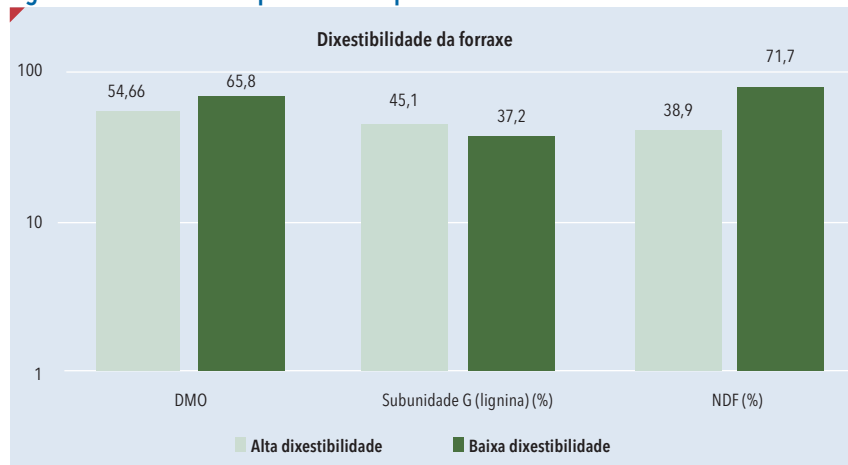


Figura 3. Características da parede celular para liñas de millo con alta e baixa dixestibilidade



empregando para iso a información obtida da análise do xenoma de millo completo. Observouse que esta estratexia de selección conduce a unha alta correlación entre o valor xenético predito e o valor analizado para un carácter cuantitativo. ■

BIBLIOGRAFÍA

MAPAMA (2018) Anuario de estadística Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 850

Fry, S.C., 1986. Cross-Linking of Matrix Polymers in the Growing Cell Walls of Angiosperms. Annu. Rev. Plant Physiol. 37, 165–186. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.37.060186.001121>

Santiago, R., Barros-Rios, J., Malvar, R.A., 2013. Impact of cell wall composition on maize resistance to pests and diseases. Int. J. Mol. Sci. 14, 6960–6980. <https://doi.org/10.3390/ijms14046960>



Fertilizantes totalmente complejados para una eficiente nutrición vegetal

Distribución:

Lugo ZONORT | Tel.: 666 530 517

A Coruña Javier Veiras | Tel.: 626 432 142



Tel.: 977 740 322