



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Ecofisiología y manejo del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

2022





EFECTO DEL RETRASO EN LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA EN MAÍZ (*ZEA MAYS*, L.)

Laserna, M.P.^{1,2}; González Belo, R.³; Cerrudo, A.^{1,2}; Yakoncic, Z.²; Blanco, J.²; Andrade, F.H.^{1,2}; Izquierdo, N.³.

¹ IPADS, Balcarce (INTA-CONICET), Ruta 226, km 73,5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina

² Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP. Ruta 226, km 73,5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina

³ IIIDEAGROS, FCA, UNMdP. Ruta 226, km 73,5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina

Correos electrónicos: laserna.mariapaula@inta.gob.ar, gonzalezbelo.raul@inta.gob.ar, cerrudo.anibal@inta.gob.ar, andrade.fernando@inta.gob.ar, nizquierdo@mdp.edu.ar

EFFECT OF THE DELAY IN SOWING DATE ON THE CONTENT OF DIETARY FIBER IN CORN (*ZEA MAYS*, L.)

Abstract

The content of the dietary fiber has recently become a trait of interest due to the benefits they provide to health. It is known that the compounds in the grains are influenced by the environment, however, it is still unknown how the quantity of these polysaccharides are affected, nor the relationship with the other components of the grain, such as protein. Additionally, it is unknown whether these polysaccharides impact on the endosperm hardness. Therefore, the objective of this work is to characterize the impact of the delay in sowing date on the quantity of the arabinoxylans (component of the dietary fiber), and how they are related to protein content and kernel hardness. Two field experiments were carried out with two sowing dates and the final composition of the grains was analyzed (endosperm hardness, protein percentage, arabinoxylans). No significant relationship was found between total arabinoxylan percentage and protein percentage, nor grain weight, or kernel hardness. However, a positive trend was observed between total arabinoxylan percentage and kernel hardness. Similarly, total arabinoxylan percentage tended to increase with increments in the source/sink ratio (characterizing the grain filling period).

Palabras Claves

Maíz, dureza endospermática, arabinoxilanos, proteína

Keywords

Maize, kernel hardness, arabinoxylan, protein



Introducción

El grano de maíz presenta entre sus componentes principalmente almidón, y en menores porcentajes proteínas y lípidos. En los últimos años se ha dado especial importancia a la calidad nutricional de los cereales destinados a consumo humano y animal, y es así que el contenido y calidad de fibra dietética comenzó a tomar relevancia.

El grupo de polisacáridos resistentes a la digestión está formado por la fracción de almidón resistente a la digestión, y por los polisacáridos que no conforman el almidón (NSPs, por sus siglas en inglés). A su vez, este grupo se conforma por fibra insoluble (azúcares celulósicos, β - Glucanos insolubles, arabinosilanos insolubles en agua y pectinas) y fibra soluble (principalmente compuesto por arabinosilanos solubles en agua y β - Glucanos solubles).

Los pentosanos (arabinosilanos) constituyen aproximadamente un 70% de los NSP en maíz (Choct, 1997) y forman parte de la fibra dietética. Entre los beneficios que presentan la mayoría de estos polisacáridos encontramos mayor eficiencia en la digestión y beneficios en el tracto intestinal, mejoran la diabetes, hiperlipidemia y enfermedades coronarias, mejoran la hipertensión, y disminuyen la probabilidad de cáncer de colon (Anderson, 1985).

El retraso de fecha de siembra de maíz conlleva una disminución en la temperatura y en la radiación incidente durante el período de llenado de los granos, que puede afectar negativamente a la dureza endospermática (Cirilo et al., 2011, Cerrudo et al., 2017). Asimismo, se ha estudiado cómo el contenido y calidad de proteína y almidón se afectan debido a las variaciones en el ambiente postfloración. No obstante, cierto porcentaje de la variabilidad en dureza no pudo ser explicado por estas variables, por lo que proponemos estudiar a los arabinosilanos que componen la fibra dietética, así como también su relación con otros componentes de los granos, y la dureza. Debido al rol en la estructura de las paredes celulares, es posible que la composición de arabinosilanos afecte la estructura del endosperma, y en consecuencia, la dureza final de los granos. En ese sentido, en trigo se ha relacionado el contenido de arabinosilanos con la modificación de la textura endospermática (Bettge y Morris, 2000) y en cebada, con la dureza de los granos (Gamlath et al., 2008).

Por lo mencionado anteriormente, es de interés generar información referida al efecto de las prácticas de manejo sobre el contenido y calidad de fibra dietética en granos de maíz, así como también estudiar su relación con otros componentes del grano y su impacto sobre la dureza endospermática. Para ello, en este trabajo nos proponemos comenzar con el impacto del retraso en la fecha de siembra. Los objetivos de este trabajo son (i) caracterizar la variabilidad en la composición de arabinosilanos totales de maíz, en granos provenientes de cultivos sembrados en fechas de siembra tempranas y tardías; y (ii) relacionar la variabilidad en la composición de arabinosilanos con la variabilidad en proteína y dureza endospermática.

Materiales y métodos

Ensayos de campo

Se realizaron dos ensayos en el campo experimental de la EEA- Balcarce- INTA para la evaluación de un híbrido semidentado (DK72-20 VT3p) en fechas de siembra contrastantes. Ensayo 1: se evaluaron dos fechas de siembra: FS1= normal para la localidad, 15/10/2019; FS2= tardía para la localidad, 10/12/2019. Se siguió la fenología, teniendo fechas de R1 (Ritchie et. al., 1997) alrededor de 10/01



para la FS1 y 05/03 para la FS2. Ensayo 2: se evaluaron dos fechas de siembra contrastantes: FS1= normal para la localidad, 14/10/2020; FS2= tardía para la localidad, 25/11/2020. Tal como se realizó para el ensayo 1, se siguió la fenología, teniendo fechas de R1 alrededor de 06/01 para la FS1 y 11/02 para la FS2. Los experimentos se realizaron en seco, con un diseño en bloques completos al azar, con tres repeticiones. La fertilización se realizó en V6 con 120 kg/ha de fosfato diamónico. Las temperaturas y radiación medias y radiación acumulada que caracterizan el llenado y la relación fuente/destino estimada en cada fecha de siembra se muestran en la Tabla 1. La relación fuente/destino se estimó con el cociente entre la fuente potencial durante el período de llenado efectivo de los granos, y la fuente potencial durante el período crítico. Ambas fuentes potenciales se estimaron siguiendo la aproximación de Cerrudo et al. (2017, eq. 1), utilizando la radiación incidente fotosintéticamente activa (IPAR) y la aproximación de la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) según Andrade et al. (1993, eq. 2), basado en la temperatura media del aire (T).

$$\text{Fuente potencial (g m}^{-2}\text{)} = \text{IPAR (MJ m}^{-2}\text{)} \times \text{EUR (g MJ}^{-1}\text{)} \quad \text{Eq.1}$$

$$\text{EUR (g MJ}^{-1}\text{)} = 0,27 \times T - 1,8 \quad \text{Eq.2}$$

Ensayo	FS	T°C media (°C)	Rad Ac. (MJ.m ⁻²)	Fuente potencial		Relación F/D
				PC	Llenado	
1	FS1	20,3	1049	2644	3849	1,46
1	FS2	15,1	521	1802	1190	0,66
2	FS1	22,0	626	2584	4124	1,60
2	FS2	19,8	540	1916	2469	1,29

Tabla 1. Valores medios de temperaturas (°C) y Radiación acumulada (MJ. m⁻²) que caracterizan los períodos de llenado efectivo de grano en las distintas fechas de siembra en ambos ensayos. Se indica la fuente potencial durante el período crítico y durante el llenado de los granos, calculada siguiendo a Cerrudo et al. (2017), así como la relación fuente/ destino durante el llenado (F/D).

Estimación de la dureza endospermática, contenido de proteína, arabinoxilanos totales

Se tomaron cinco plantas al azar de cada bloque y se cosecharon y trillaron las espigas una vez alcanzado el 14% de humedad de grano. Ese pool de granos se utilizó para realizar todos los análisis de calidad que se describen a continuación.

La dureza endospermática se estimó a través de la relación de molienda (RMol). Brevemente, siguiendo el método descrito por Pomeranz et al. (1986), una muestra de 50 g de granos enteros fue molida por 15 segundos en un molino de laboratorio (Seedburo Equipment Company). Los granos molidos fueron, luego, tamizados a máxima velocidad por 60 segundos en un tamizador (Chopin) equipado con tamices circulares con aperturas de malla de 1,0- y 0,5- mm. La cantidad de material retenido por el tamiz de 1,0- mm y la cantidad de material que paso a través del tamiz de 0,5-mm fueron pesadas. La relación de molienda se determinó como el cociente entre el peso de la fracción gruesa y el peso de la fracción fina.

El peso de grano (PG) se estimó en muestras de aproximadamente 400 g de cada pool de plantas mencionados previamente. Los granos fueron contados y posteriormente secados en estufa a 80°C durante cinco días, para luego ser pesados y estimar el peso de grano.

Para la determinación de proteína total y arabinoxilanos totales, los granos fueron molidos y tamizados (< 500 µm). El porcentaje de proteína (%Prot) fue evaluado utilizando el método patrón



Kjeldahl. Los valores de %N se utilizaron para calcular el porcentaje de proteína utilizando el factor de conversión 6,25.

La determinación de arabinosilanos totales se realizó mediante cromatografía de gas, siguiendo el protocolo de Gebruers et al (2009) (basado en el método de Englyst y Cummings, 1984), con modificaciones. Brevemente, se pesaron 50 mg de grano molido y se lo sometió a una hidrólisis ácida. Luego se procedió a la reducción de los azúcares resultantes de la hidrólisis, obteniendo alditoles, y finalmente, se procedió a la derivatización, para obtener acetatos de alditol, los cuales fueron inyectados y separados por la columna en la cromatografía y posteriormente detectados por un FID (detector de ionización de llama), el cual utiliza una llama de hidrógeno y aire que oxida las moléculas orgánicas para producir iones, que luego son recogidos, originando la señal eléctrica que se mide. Para la separación de los alditoles, se utilizó una columna capilar DB-23 de 30m de longitud. La temperatura del inyector, la columna y el detector FID fueron 270°C, 230°C y 270°C, respectivamente. Se obtuvieron cromatogramas como el que se muestra en la Figura 1 a partir de los cuales se cuantificaron las áreas individuales de cada azúcar para calcular el porcentaje de arabinosilanos totales (%TOTAX).

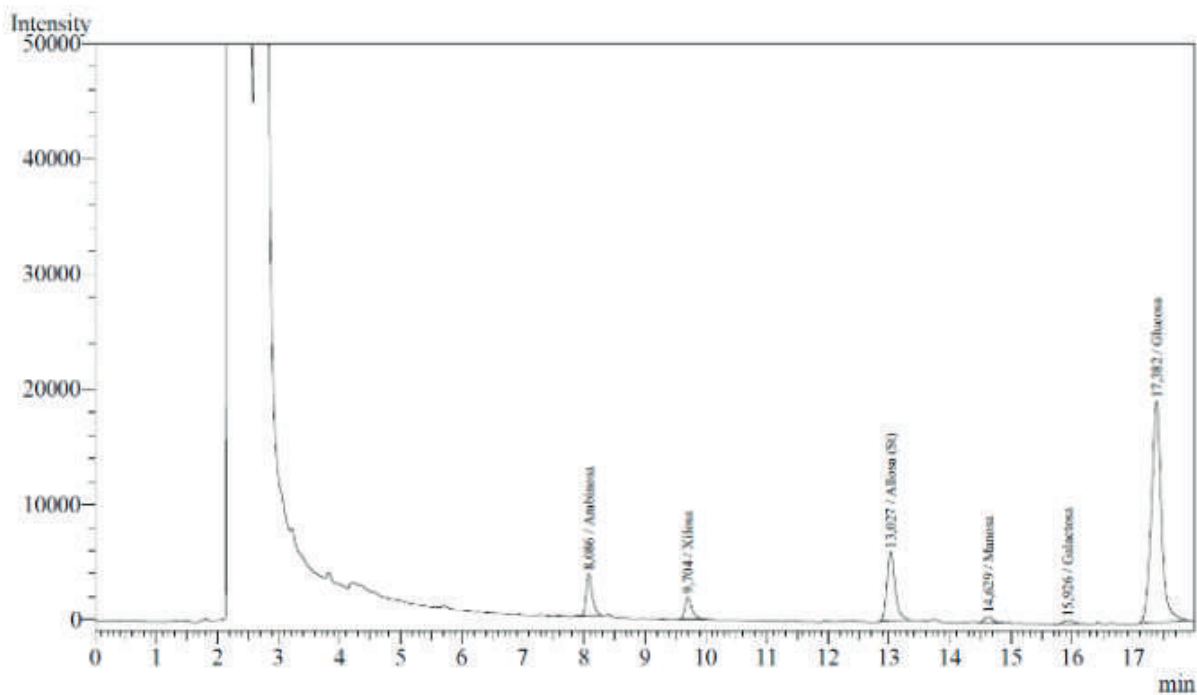


Figura 1. Intensidad de la señal del cromatógrafo (μV) en función del tiempo en una muestra de alditoles extraídos de maíz. Los picos representan cada uno de los azúcares identificados en la muestra

Resultados y discusión

Los porcentajes de proteína difirieron entre ensayos (año 1 > año 2, $p=0,0063$), y solamente el primer ensayo se detectó una caída en el porcentaje de proteína en grano cuando se retrasó la fecha de siembra ($p=0,01$, Tabla 2).

Similarmente, se registró una caída en la relación de molienda en las fechas de siembra tardías de ambos ensayos, resultando significativas estas diferencias solamente para el primer año ($p=0,0001$, Tabla 2).



Se observó interacción entre el experimento y la fecha de siembra sobre el porcentaje de arabinosilanos totales (TOTAX%), y no fue posible determinar un efecto consistente del retraso de la fecha de siembra sobre este carácter. Para el primer ensayo el TOTAX% cuantificado en la fecha de siembra temprana fue significativamente mayor al de la tardía, mientras que para el segundo ensayo fue la fecha de siembra tardía la que presentó mayor TOTAX% ($p= 0,005$). Es interesante destacar que el segundo ensayo presentó mayores valores de TOTAX% respecto al primero (ca. TOTAX% E1= 3,47 y TOTAX% E2= 4,06), mientras que las medias de los tratamientos de fecha de siembra fueron similares (ca. TOTAX% FS1= 3,75 y TOTAX% FS2= 3,78). También es interesante resaltar que la variabilidad propia de los datos dentro de los tratamientos es alta, con un coeficiente de variación entre ca. 0,06 y 0,17, hecho que podría enmascarar algún efecto de los tratamientos.

Tabla 2. Valores medios de peso de grano (PG), porcentaje de proteína (%Prot), porcentaje de arabinosilanos totales (TOTAX%), y relación de molienda (RMol).

Ensayo	FS	PG (mg)	%Prot	TOTAX%	RMol
1	1	322,34	10,00	3,70	3,20
1	2	323,51	7,97	3,24	2,20
2	1	275,12	6,86	3,80	2,67
2	2	312,54	6,96	4,33	2,63

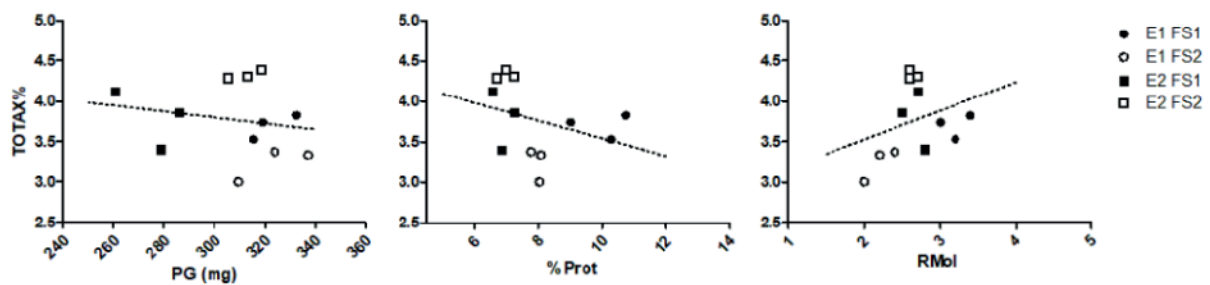


Figura 2. Relación entre TOTAX% y PG, %Prot y RMol. Se muestran los puntos correspondientes a las réplicas de los ensayos 1 (círculos) y 2 (cuadrados), sembrados en fechas tempranas (símbolos llenos), y tardías (símbolos vacíos).

Por otro lado, la variabilidad de los TOTAX% no se relacionó con el PG ($R^2= 0,03$; $p= 0,56$), ni %Prot ($R^2= 0,12$; $p= 0,28$), ni con la relación de molienda ($R^2= 0,11$; $p= 0,32$), aunque en este último caso, a diferencia de los dos primeros, se observó una tendencia de aumentar el TOTAX% conforme aumentó la dureza, aunque la regresión resultó débil y no significativa (Figura 2). Del mismo modo, las correlaciones de TOTAX% con %P, RMol y PG resultaron no significativas ($r= -0,38$, $p= 0,62$; $r= 0,35$, $p= 0,65$; $r= -0,25$, $p= 0,75$, respectivamente). Otros autores han reportado tendencias similares en la relación entre TOTAX% y dureza en trigo y en cebada (Bettge y Morris, 2000; Gamlath et al., 2008), mientras que Laserna et al., (no publicado), no han encontrado relación alguna entre TOTAX% y %Prot en trigo, aunque sí se encontró en ese mismo trabajo una relación entre la calidad de proteínas en grano y el TOTAX%.

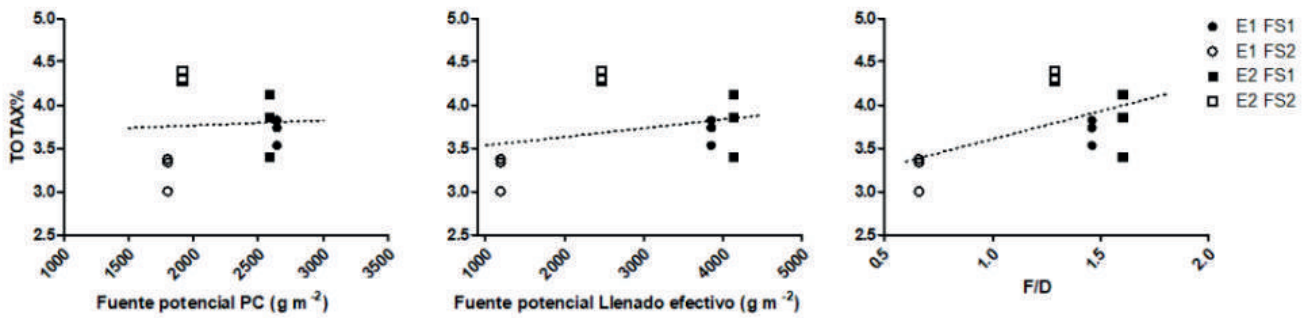


Figura 3. Relación entre TOTAX% y fuente potencial en el período crítico, fuente potencial en el llenado efectivo de granos, y relación fuente/ destino. Se muestran los puntos correspondientes a las réplicas de los ensayos 1 (círculos) y 2 (cuadrados), sembrados en fechas tempranas (símbolos llenos), y tardías (símbolos vacíos).

Al estudiar la variación en TOTAX% debido a las variaciones en la fuente potencial en el período crítico, la fuente potencial durante el llenado y la relación fuente/destino, se evidenció un leve y no significativo aumento del %TOTAX conforme aumenta la fuente potencial en el llenado ($R^2= 0,1$; $p= 0,318$), y un aumento del %TOTAX con aumento en la relación F/D (Fig. 3), siendo en este caso, una regresión significativa al 10% ($R^2= 0,29$; $p= 0,072$). Por otra parte, no se encontraron variaciones del TOTAX% con aumentos en la fuente potencial durante el período crítico ($R^2= 0,0024$; $p=0,88$). El estudio de las correlaciones entre estas variables resultó no significativo en todos los casos ($0,41 < p < 0,95$), siendo el coeficiente de correlación $r= 0,06$ para la correlación entre TOTAX% y fuente potencial en período crítico, $r= 0,35$ para correlación entre TOTAX% y fuente potencial en llenado efectivo de granos, y $r= 0,59$, para la correlación entre TOTAX% y relación fuente/ destino. Las tendencias observadas en los granos que experimentaron un llenado con baja relación F/D concuerdan con las caídas en dureza endospermática reportados previamente (Cirilo et al., 2011; Cerrudo et al., 2017), y, adicionalmente, se trata de granos contenidos bajos de TOTAX%.

Conclusión

En este trabajo se estudió el porcentaje de arabinosilanos totales en granos de maíz, y su relación con el porcentaje de proteína, dureza de grano, y las variables que caracterizan el ambiente durante el período crítico y llenado efectivo de granos. Si bien no se encontraron evidencias significativas de una relación entre estas variables, en parte por la propia variabilidad en la técnica de detección, y el acotado set de datos (i.e. número de combinaciones de FS y ensayos realizados), se evidenciaron tendencias interesantes para continuar su estudio. Por un lado, se observó una tendencia a aumentar el TOTAX% conforme aumentó la dureza, y, por otro lado, se observó la misma tendencia con el aumento de la relación F/D durante el llenado de granos. Deberán evaluarse estas relaciones en un mayor número de ambientes, que presenten alta variabilidad durante el llenado de granos.

Apoyo financiero

FCA UNMdP AGR679/22; PICT2017-1602, PICT 2020- 02715.



Referencias bibliográficas

Anderson, J.W. 1985. Health implications of wheat fiber. *The American Journal of Clinical Nutrition* 41, 1103- 1112.

Andrade, F.H., Uhart, SA, Cirilo, A.. 1993. Temperature affects radiation use efficiency in maize. *Field Crops Res.* 32, 17–25.

Bettge, A.D., Morris, C.F. 2000. Relationships among grain hardness, pentosane fractions, and end- use quality of wheat. *Cereal Chem.*, 77(2), 241- 247.

Cerrudo, A., Martínez, D., Izquierdo, N.G., Laserna, P., Cirilo, A., Reinoso, L., Valentinuz, O., Balbi, C., Andrade, F. 2017. Environmental contribution to kernel hardness and yield of three contrasting maize hybrids. *Crop Science* 57:2788-2798.

Cirilo, A.G., M. Actis, F.S. Borrás, J.L. Robutti, F.H. Andrade, and O.R. Valentinuz. 2011. Crop management affects dry milling quality of flint maize kernels. *Field Crops Research* 122:140–150.

Choct, M. 1997. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling. International.* June Issue, pp. 13- 26.

Englyst, H.N., Cummings, J.H. 1984. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by GLC of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst* 109, 937- 942.

Gamlath, J., Aldred, G.P., Panozzo, J.F. 2008. Barley (1₃; 1₄)- β- glucan and arabinoxylan content are related to kernel hardness and water uptake. *J. Cereal Sci.* 47, 365- 371.

Gebruers, K., Courtin, C.M., Delcour, J.A. 2009. Quantification of arabinoxylans and their degree of branching using gas chromatography. En: Shewry, P.R., Ward, J.L. (Eds.) *Analysis of bioactive components in small grain cereals.* AACC International Inc., Minnesota, USA, pp. 177- 189.

Pomeranz, Y., G.E. Hall, Z. Czuchajowska, and F.S. Lai. 1986. Test weight, hardness, and breakage susceptibility of yellow dent corn hybrids. *Cereal Chem.* USA.

Ritchie, S.W., J.J. Hanway, and G.O. Benson. 1997. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Coop Ext. Serv. Spec. Rep. 48. Iowa State Univ., Ames.