

FACTORES QUE AFECTAN AL VALOR NUTRITIVO DEL ENSILADO DE MAÍZ: VARIEDAD, FECHA DE SIEMBRA Y GRADO DE MADUREZ

F. OPSI¹, R. FORTINA¹, G. BORREANI², E. TABACCO², R. BODAS³ y S. LÓPEZ³ *

RESUMEN

Son numerosos los factores que afectan al rendimiento productivo y el valor nutritivo del ensilado de maíz y, consecuentemente, a la productividad de los animales alimentados con este forraje. El objetivo de este trabajo fue el de analizar los efectos del tipo de híbrido de maíz (variedades Cisco 300 de madurez temprana y Arma 700 de madurez más tardía), la fecha de siembra (marzo, abril o mayo) y el grado de madurez del grano en el momento de la cosecha (línea de leche «1/4 – 1/3» ó «1/2 – 2/3»). El estudio se realizó en la región italiana del Piemonte. La producción de ensilado fue mayor con la variedad Arma 700. Los tres factores de variación estudiados tuvieron un efecto significativo sobre el contenido en humedad del ensilado. Al ser mayor grado de madurez del grano aumentó el contenido en almidón y disminuyó el contenido en fibra del ensilado. La digestibilidad in vitro de la MS fue mayor para la variedad Cisco 300. A partir de los datos de producción y composición química, se utilizó el modelo Milk2006 para obtener predicciones del rendimiento productivo (por hectárea o por tonelada de ensilado) de vacas lecheras alimentadas con ensilado de maíz.

Palabras clave: composición química, digestibilidad in vitro; predicción rendimiento productivo.

INTRODUCCIÓN

El ensilado de maíz es un forraje ampliamente utilizado en la alimentación de ganado lechero. La cantidad y calidad de ensilado obtenido dependen tanto del material cosechado como de los procesos de ensilaje y conservación. Uno de los factores que más influye en la composición química y digestibilidad del ensilado es el estado de madurez en momento de la cosecha (Johnson et al., 1999) que, a su vez, depende del tipo de híbrido cultivado y de las fechas de siembra y recolección (Xu et al., 1995). La madurez del grano se puede

¹ Dipartimento di Scienze Zootecniche, Università degli Studi di Torino, I-10095 Grugliasco (Torino), Italia.

² Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio, Università degli Studi di Torino, I-10095 Grugliasco (Torino), Italia.

³ Instituto de Ganadería de Montaña, Universidad de León – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Departamento de Producción Animal, Universidad de León, 24071 León.

* s.lopez@unileon.es

medir indirectamente a partir del avance de la línea de leche (ML) desde el ápice del grano. Bal et al. (1997) recomendaron una ML de 2/3, ya que con una recolección demasiado temprana puede obtenerse un forraje con bajo contenido energético debido a una menor acumulación de almidón en el grano, mientras que cuando la recolección es más tardía tanto el almidón como la fibra son menos digestibles, mermando así su valor nutritivo. El presente trabajo se planteó con el objetivo de estudiar el efecto de dos híbridos de diferentes clase FAO, sembrados en tres períodos diferentes y cosechados en dos fases diferentes de madurez sobre la producción y composición química, la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y las predicciones del rendimiento productivo y de la energía neta de lactación (EN_L) con el modelo Milk2006 (Shaver et al., 2006).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo fue llevado a cabo en 2008 en la granja experimental de la Universidad de Turín, en el oeste de llanura del Po, región italiana del Piamonte. Las muestras se obtuvieron de ensilados de maíz de dos híbridos comerciales con diferentes clases de madurez (Cisko, de clase FAO 300 y Arma, de clase FAO 700, NK Syngenta Seeds SpA, Madignano (CR), Italia) que se plantaron el 13 de marzo, el 9 de abril y el 14 de mayo 2008, utilizando en todos los casos 74.000 semillas / ha. La cosecha de maíz forrajero se realizó en dos fases diferentes de madurez, la primera con línea de leche (ML) entre 1/4 y 1/3, y la segunda entre 1/2 y 2/3 ML para ambos híbridos, con un total de doce parcelas (2 híbridos x 3 fechas de siembra x 2 grados de madurez) replicadas tres veces, que fueron distribuidas según un diseño de bloques al azar. De cada parcela se muestrearon al azar 30 plantas enteras, que se picaron a un tamaño de partícula aproximado de 12 mm. La línea de leche del núcleo se midió en granos de cinco plantas por parcela siguiendo la metodología propuesta por Afuakwa y Crookston (1984). El forraje picado de cada parcela se ensiló en silos de plástico de 30 litros y se conservó a 20 °C durante 240 días. Pasado este tiempo, los silos fueron abiertos y se tomaron muestras que se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C y fueron molidas para realizar las determinaciones analíticas. Los contenidos en materia seca (MS), cenizas, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y almidón se determinaron según las técnicas convencionales descritas por la AOAC (2000). Los contenidos en fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente se determinaron mediante los métodos de Van Soest et al. (1991), utilizando la técnica Ankom. La digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) se determinó de acuerdo con la técnica propuesta por Van Soest et al. (1966), con las modificaciones introducidas en el procedimiento Ankom-Daisy. Así, las muestras (0,25 g ± 0,01) se pesaron en bolsas de material sintético poroso y se incubaron en recipientes (24 bolsas por recipiente) que contenían 2 L de líquido ruminal diluido en una disolución amortiguadora (1:4). Los recipientes se colocaron en un incubador donde se mantuvieron a 39 °C con agitación constante y uniforme. Tras 48 h de incubación, las bolsas fueron lavadas con agua y secadas en una estufa a 60 °C. Posteriormente las bolsas se colocaron en el analizador de fibra Ankom para realizar una extracción con una solución de detergente neutro a 100 °C durante 1 hora. La incubación se repitió en cuatro semanas consecutivas, con el objeto de disponer de cuatro determinaciones para cada muestra. El modelo matemático Milk2006 se utilizó para predecir la producción de leche (kg/t MS ensilado o kg/ha) a partir de la composición química y la digestibilidad de los ensilados. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA según un diseño mixto de parcelas divididas, estudiando el efecto de tres factores experimentales (efectos fijos): fecha de siembra, variedad de maíz y fecha de cosecha. La fecha de siembra fue el factor principal, la variedad de maíz el factor de subparcela (dentro de cada parcela completa), y la fecha de cosecha el factor de sub-sub-parcela (dentro de cada subpar-

cela). Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS. En las tablas se recogen los valores de la media y el error estándar de la media (EEM) para cada uno de los parámetros estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de producción de forraje y la proporción de grano en la planta entera se presentan en la Tabla 1. Con el híbrido Arma se obtuvo una producción media de maíz forrajero y de MS un 40% superior que con el híbrido Cisco ($P < 0,001$). La fecha de siembra influyó sobre el rendimiento de MS ($P < 0,05$) con un ligero aumento en la segunda fecha respecto a la primera en el híbrido Cisco, y una disminución en la tercera fecha para ambos híbridos. El grado de madurez en el momento de la cosecha afectó la producción de maíz forrajero ($P < 0,001$), con una disminución para ambos híbridos al avanzar el grado de madurez. El híbrido, la fecha de siembra y de cosecha afectaron de forma significativa a la proporción de grano en la planta entera. El híbrido Cisco mostró un valor superior respecto al híbrido Arma, y las diferencias entre ambos fueron mayores en la segunda y tercera fechas de siembra. En las plantas más maduras, con ML entre 1/2 y 2/3, la proporción de grano fue mayor.

Tabla 1. Producción de forraje (forraje verde y materia seca, MS) y la proporción de grano en la planta entera de maíz

Híbrido	Fecha	Madurez a la cosecha	Producción (t/ha)		Grano/planta (g/g)
			Forraje	MS	
Cisco (FAO 300)	Marzo	1/4 < ML < 1/3	64,4	17,7	0,366
		1/2 < ML < 2/3	57,2	17,9	0,511
	Abril	1/4 < ML < 1/3	65,0	20,0	0,471
		1/2 < ML < 2/3	50,9	19,1	0,525
	Mayo	1/4 < ML < 1/3	54,5	17,1	0,480
		1/2 < ML < 2/3	44,5	16,9	0,509
Arma (FAO 700)	Marzo	1/4 < ML < 1/3	88,7	25,3	0,380
		1/2 < ML < 2/3	80,8	27,0	0,450
	Abril	1/4 < ML < 1/3	92,7	26,7	0,395
		1/2 < ML < 2/3	86,3	26,0	0,447
	Mayo	1/4 < ML < 1/3	73,1	23,2	0,406
		1/2 < ML < 2/3	71,5	23,1	0,486
Efecto fecha de siembra (S)			**	*	*
Efecto híbrido (H)			***	***	***
SxH			*	NS	*
Efecto grado de madurez (M)			***	NS	***
SxM			NS	*	***
HxM			**	NS	NS
SxHxM			NS	NS	***
Error estándar de la media					
S			0,99	0,34	0,0056
H			0,81	0,28	0,0045
M			0,68	0,23	0,0040
SxHxM			1,68	0,57	0,0097

NS = no significativo ($P > 0,05$); * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$

Tabla 2. Composición química (g/kg MS) y digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) del ensilado de maíz y predicciones de la energía neta de lactación (NEL) y del rendimiento productivo en kg de leche (Milk2006)

Híbrido	Fecha de siembra	Madurez a la cosecha	MS (g/kg MF)	PB	FND	FAD	Almidón	DIVMS g/g MS	NE _{L-3x} MJ/kg MS	Leche kg/t MS	Leche kg/ha
Cisco (FAO 300)	Marzo	1/4 < ML < 1/3	300	80	471	276	298	0,767	5,9	1304	23072
		1/2 < ML < 2/3	336	75	443	265	344	0,790	6,1	1368	24433
		1/4 < ML < 1/3	331	72	426	250	351	0,783	6,3	1395	28003
	Abril	1/2 < ML < 2/3	398	69	422	248	339	0,794	6,0	1318	25343
		1/4 < ML < 1/3	342	67	450	274	338	0,784	6,2	1373	23658
Arma (FAO 700)	Marzo	1/2 < ML < 2/3	400	69	412	244	366	0,780	5,8	1229	20725
		1/4 < ML < 1/3	292	71	474	285	302	0,780	6,0	1330	34122
		1/2 < ML < 2/3	344	68	424	250	356	0,782	6,2	1376	37746
	Abril	1/4 < ML < 1/3	322	69	476	291	304	0,765	6,1	1340	35232
		1/2 < ML < 2/3	331	68	442	266	333	0,765	6,1	1346	34051
	Mayo	1/4 < ML < 1/3	334	69	471	285	313	0,751	5,9	1287	30432
		1/2 < ML < 2/3	360	70	456	268	322	0,773	5,9	1304	30138
Efecto fecha de siembra (S)											
Efecto híbrido (H)			**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
SxH			**	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	***
Efecto grado de madurez (M)			*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
SxM			***	NS	**	***	*	NS	NS	NS	NS
HxM			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
SxHxM			**	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*
Error estándar de la media											
S			5,3	2,1	10,8	7,7	8,0	0,0055	0,11	39,3	1299,9
H			4,7	1,7	9,3	7,3	7,3	0,0051	0,10	37,9	1279,9
M			4,7	1,6	9,1	7,2	7,1	0,0051	0,09	36,2	1272,8
SxHxM			7,4	4,2	15,0	11,2	13,9	0,0080	0,14	50,3	1486,7

NS = no significativo (P>0,05); * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001

La composición química del ensilado de maíz se presenta en la Tabla 2. El grado de madurez afectó al contenido en MS, que aumentó para ambos híbridos en las plantas más maduras ($P < 0,001$). Los contenidos de FND y FAD disminuyeron con la madurez ($P < 0,01$), mientras que la concentración de almidón mostró una evolución opuesta a la de la fibra ($P < 0,05$), debido al aumento de la proporción de grano en relación a la planta entera de maíz, de acuerdo con los datos ya publicados por otros autores (Argillier et al., 1995; Bal et al., 1997; Johnson et al., 2002, 2003).

Los tratamientos (híbrido, fecha de siembra y grado de madurez) y los efectos de interacción sobre los datos de digestibilidad in vitro y las predicciones del rendimiento productivo y de la energía neta de lactación del ensilado se muestran en la Tabla 2. Se observaron diferencias significativas debidas al tipo de híbrido en la DIVMS, que fue inferior en el caso de Arma ($P < 0,05$). Las diferencias en la digestibilidad se asocian con la composición química de las muestras, especialmente con su contenido en pared celular (Ivan et al., 2005). Los valores de producción y de composición química del ensilado de maíz fueron utilizados como parámetros predictores en el modelo Milk2006 (Shaver et al., 2006) para estimar la energía neta de lactación (NE_L), la producción de leche por tonelada de MS (kg/t) y por hectárea (kg/ha). De acuerdo con los datos de producción y composición química, el potencial de producción de leche por hectárea se vio afectado tanto por el tipo de híbrido como por la fecha de siembra, mientras que la NE_L y el potencial de producción de leche por tonelada de ensilado no se vieron afectados por ninguno de los factores de variación estudiados.

CONCLUSIONES

Con el híbrido de maíz de maduración más tardía (Armas, FAO 700) se obtuvo una mayor cantidad de ensilado que con el de maduración temprana (Cisco, FAO 300). Los tres factores de variación estudiados (híbrido, fecha de siembra y grado de madurez) afectaron al contenido en humedad del ensilado. Al cosechar el maíz con un mayor grado de madurez del grano se obtuvo un ensilado con mayor contenido en almidón y menor contenido en fibra. La digestibilidad in vitro de la MS fue mayor para la variedad Cisco. Las interacciones significativas entre el grado de madurez y la fecha de siembra o el tipo de híbrido, indican que el efecto del grado de madurez (entre 1/4 y 2/3 de línea de leche) varía para cada híbrido de maíz y fecha de siembra.

Agradecimientos

Trabajo realizado con financiación de la Junta de Castilla y León para grupos de investigación de excelencia (GR 158).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AFUAKWA, J.J.; CROOKSTON, R.K., 1984. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. *Crop Sci.*, 24, 687-691.
- ARGILLIER, O.; HEBERT, Y.; BARRIERE, Y., 1995. Relationships between biomass yield, grain production, lodging susceptibility and feeding value in silage maize. *Maydica*, 40, 125-136.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2000. *Official Methods of Analysis*, 17th ed. AOAC, Washington, DC, USA.
- BAL, M.A.; COORS, J.G.; SHAVER, R.D., 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.*, 80, 2497-2503.
- IVAN, S.K.; GRANT, R.J.; WEAKLEY, D.; BECK, J., 2005. Comparison on a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on per-

- formance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 88, 244-254.
- JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; HUNT, C.; SHINNERS, K.; DOGGETT, C.G.; SAPIENZA, D., 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. *J. Dairy Sci.*, 82, 2813-2825.
- JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D.; RO BUTTI, J.L.; SWIFT, M., 2002. Corn silage management I: effects of hybrid, maturity, inoculation, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci.*, 85, 833-853.
- JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D.; HUNT, C.; MAHANNA, W.C.; SHINNERS, K., 2003. Corn silage management: effects of hybrid, maturity, chop length, and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy Sci.*, 86, 3271-3299.
- SHAVER, R.; LAUER, J.; COORS, J.; HOFFMAN, P., 2006. Dairy Nutrition Spreadsheets. MILK2006 Corn Silage: Calculates TDN-1x, NEL-3x, Milk per ton, and Milk per acre. Milk2006corn-silagev1.xls. <http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/spreadsheets.cfm>. Accessed Jan. 13, 2010.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H.; MOORE, L.A., 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. Proceedings of the 10th International Grassland Congress, Helsinki, Finland, 438-441.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A., 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.
- XU, S.; HARRISON, J.H.; KEZAR, W.; ENTRIKIN, N.; LONEY, K.A.; RILEY, R.E., 1995. Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing corn hybrids harvested at three stages of maturity. *Prof. Anim. Sci.*, 11, 157-165.

FACTORS AFFECTING NUTRITIVE VALUE OF MAIZE SILAGE: HYBRID, SO-WING DATE AND MATURITY

SUMMARY

The aim of this study was to investigate the effects of maize hybrid, time of sowing and grain maturity at harvest on yield and quality of maize silage, in vitro digestibility and energy value, and the prediction of milk production by means of an estimative model. An experimental study was conducted in the Piedmont region (Italy), comparing three different sowing dates (March, April and May), two different maize hybrids (Cisko, an early FAO class 300, and Arma, a late FAO class 700) and two different stages of maturity at harvest (milk line (ML) «1/4 – 1/3» or «1/2 – 2/3»). Arma 700 yielded 40% more silage than Cisko 300 hybrid. All factors affected moisture content of silage. Kernel development at 1/2 – 2/3 ML increased DM and starch reducing fibre concentrations. The two hybrids differed significantly in in vitro DM digestibility (higher for Cisko 300), whereas planting dates and maturity stages had no effects. The analytical data obtained were then used as input variables in a model (Milk2006) for estimating the energy content and potential milk production from feeding silage.

Key words: chemical composition; in vitro digestibility; predicted milk production.