

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997; (impreso): 1981-1160

v.5, n.2, p.279-283, abr.-jun., 2010

Recife - PE, Brasil, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI 10.5039/agraria.v5i2a764

Protocolo 764 - 15/12/2009 • Aprobado em 23/03/2010

Agustin Corral L.^{1,3}David Domínguez D.¹Guillermo Villalobos V.¹Juan A. Ortega G.¹Felipe A. Rodriguez A.¹Alberto Muro R.²

Valor nutricional, cinética de fermentación y producción estimada de leche en ensilajes de maíz cortado a diferentes alturas

RESUMEN

Se evaluó la producción de MS ha⁻¹, la calidad nutricional, la producción estimada de leche y la cinética de fermentación por producción de gas *in vitro* de ensilaje de maíz cortado a tres alturas (20, 40 y 60 cm). El híbrido PIONEER 33G66 se sembró a una densidad de 125,000 semillas ha⁻¹ con una distancia entre surcos de 0.80 m, se cosechó a ½ línea de leche (edad aproximada, 115 d) y se ensiló en minisilos de laboratorio de 5 kg (n=3). Después de 45 d de fermentación, los silos se abrieron y fueron analizados: pH, MS, MO, Ceniza, PC, EE, FDN, FDA, LDA, DIVMS, DIVFDN y la cinética de fermentación *in vitro*. Se estimó la producción de leche y la concentración de EN_L mediante el modelo MILK2000. La información generada se analizó mediante PROC GLM de SAS, ajustando un modelo que incluyó como efecto fijo la altura de corte. La producción de MS se redujo en 12,7 % al aumentar la altura de corte. FDN y PC se redujeron (P < 0,05) linealmente. La concentración de EN_L tendió a mejorarse (P < 0,07) cuando se incrementó la altura de corte de 20 a 60 cm (1,2 vs 1,4 Mcal kg⁻¹ MS). La producción estimada de leche por tonelada de MS y por hectárea no fue diferente (P > 0,05) entre alturas de corte. La producción de gas *in vitro* se incrementó linealmente (P < 0,05) y la tasa de producción de gas a las 72 h de fermentación fue mayor (P < 0,05) cuando se elevó la altura al corte. El parámetro de fermentación B se redujo linealmente (P < 0,05), mientras que C fue mayor (P < 0,05) en ensilaje cortado a 20 cm respecto a los forrajes cortados a 40 y 60cm.

Palabras clave: Altura de corte, Producción de gas *in vitro*, Parámetros de fermentación

Nutritional value, fermentation kinetics and estimated milk yield of corn silages cut at different heights

ABSTRACT

The dry matter production DM (ton ha⁻¹), nutritional value, estimated milk yield and fermentation kinetics of corn silage cut at 20, 40 and 60 cm over the soil surface were evaluated. The corn hybrid PIONEER 33G66 was planted at a density of 125,000 seeds ha⁻¹, with a row distance of 0.80 m, and harvested at half milk line (115 d of age), and ensiled in laboratory mini silos of 5 kg (n=3). After 45 d, the silos were opened and analyzed by triplicate for pH, DM, OM, Ash, CP, EE, NDF, ADF, ADL, *in vitro* DM and NDF digestibility (IVDMD and IVNDFD), and fermentation kinetics. Milk yield and NE_L were estimated using the MILK2000 model. Data were analyzed using PROC GLM of SAS, adjusting a model in which height of cut was the fixed effect. Production of DM ha⁻¹ decreased by 12.7% by rising cutting height to 60 cm. The NDF and CP concentration were linearly reduced (P < 0.05). NE_L tended (P < 0.07) to improve when the height of cutting was raised from 20 to 60 cm (1.2 vs 1.4 Mcal kg⁻¹ DM). Estimated milk yield was not different among treatments. The asymptotic gas production was increased (P < 0.05) by rising cutting height to 60 cm; the gas production rate at 72 h was higher (P < 0.05) in corn silage cut at 60 cm. The fermentation parameter B was decreased linearly (P < 0.05) by rising cutting height. The parameter C was high in corn silage cut at 20 cm vs corn silage cut at 40 and 60 cm.

Key words: Cutting height, *In vitro* gas production, Fermentation parameters

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada kilómetro 1, 31031, Chihuahua, Chih., México. Teléfono: 52 (614) 434-0363. Fax: 52 (614) 4340345. E-mail: corluna77@yahoo.com; ddomdiaz@uach.mx; gvilla@uach.mx; jortega@uach.mx; frodrigu@uach.mx

² Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Jardín Juárez, 147, Centro Histórico, Zacatecas, Zac., México. C.P. 98000. Teléfono: 52 (492) 922-9109. E-mail: albevetcan@yahoo.fr

³ University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Animal Sciences, 161 ASL, 1207 W. Gregory Drive, Urbana-IL 61801, USA. Phone: (217) 333-0093. Fax: (217) 333-7088. E-mail: corluna77@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

El ensilaje de maíz es una importante fuente de forraje en las raciones para ganado lechero, representando entre 30 y 40% del total de estas. Sin embargo, el valor nutritivo del ensilaje de maíz se reduce con la baja digestibilidad de la fracción fibrosa (Kung Jr et al., 2008). Por otra parte, el valor nutricional y la digestibilidad del forraje son relativamente similares entre híbridos (Coors et al., 1994), debido a la poca variabilidad genética entre estos (Barriere et al., 1995). La concentración de energía en el forraje de maíz es limitada, lo que pone de manifiesto la importancia del contenido de grano en el ensilaje. Una alternativa para mejorar el valor nutricional del ensilaje de maíz es incrementar la altura de corte al momento de la cosecha, ya que esta práctica de manejo reduce la proporción de tallos e incrementa la proporción de componentes altamente digestibles como son las hojas y el grano (Restle et al., 2002) mejorando su valor energético, sin embargo, esta práctica de manejo reduce la producción de materia seca por hectárea en un rango de entre 7,0 y 10,0% según un estudio realizado por Wu & Roth, (2005). Aunque esta práctica de manejo ha mostrado buenos resultados en evaluaciones desarrolladas en otros países como Estados Unidos, en México se carece de información referente a la calidad nutricional de los ensilajes cortados a mayor altura.

En base a lo antes citado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de incrementar la altura de corte del maíz de 20 a 40 y 60 cm, sobre la producción de materia seca por hectárea, la calidad nutricional del ensilaje resultante, la cinética de fermentación y la producción estimada de leche.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el rancho agrícola "El Sauz", propiedad de la Universidad Autónoma de Chihuahua, el cual se encuentra localizado en el municipio de Chihuahua, México. Geográficamente se encuentra a una latitud de 29° 05' N, longitud 106° 15' E y una altitud de 1530 msnm. Por su grado de humedad, el clima se caracteriza como de muy seco a árido, y por la temperatura como templado, con un régimen de lluvias en verano. La precipitación pluvial media anual es de 355 mm, siendo los meses de julio, agosto y septiembre los de mayor precipitación (INEGI, 2003).

Se utilizó el híbrido de maíz 33G66 PIONEER (Pioneer Hi-Bred Internacional, Des Moines, IA), el cual se sembró a una densidad de 125,000 semillas ha⁻¹ y a una distancia entre surcos de 80 cm. Este se cosechó cuando el grano alcanzó la mitad de línea en leche (aproximadamente 115 de edad), cortándose a 20, 40 y 60 cm por encima de la superficie del suelo.

El manejo agronómico de la parcela fue el siguiente: a la siembra se aplicaron 150 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-0) y 100 kg ha⁻¹ de urea. A los 18 d post emergencia se fertilizó con 200 kg ha⁻¹ de urea y se efectuó el primer riego, 18 d después se aplicaron 150 kg ha⁻¹ de urea y los riegos se efectuaron cada 18-20 d, aplicándose una lámina de riego de 15 cm.

Al momento de la cosecha, las cuchillas de la cortadora se ajustaron a 20, 40 y 60 cm de altura sobre el nivel del suelo y se procedió a cortar una franja de 20 m lineales de forraje en cada altura, donde se colectaron muestras de forraje, las cuales se inocularon con Sill All (Alltech®) en una dosis de 187 g ton⁻¹ de forraje fresco, y se ensilaron en minisilos de laboratorio (n=3) con una capacidad de 5 kg, los cuales se colocaron en un lugar fresco y protegidos de la luz solar para su posterior análisis bromatológico.

A la cosecha, se tomaron de manera aleatoria tres réplicas de cinco plantas cada una, las cuales se cortaron a 20, 40 y 60 cm sobre la superficie del suelo. Estas fueron tomadas en un sentido diagonal en la parcela, de manera que las muestras fueran representativas de toda la parcela. Utilizando una navaja de precisión, las plantas se fraccionaron en sus componentes: hojas espada, hojas que cubren el tallo, hojas que cubren la mazorca, espiga, tallos y mazorca, estas se colocaron posteriormente en bolsas de papel y se pesaron para determinar la producción de materia verde; posteriormente se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C durante cinco días para entonces determinar su contribución porcentual en base a materia seca. Una vez que las mazorcas estuvieron secas, éstas se separaron en grano y lotes para determinar la contribución real de grano (Shinners et al., 2007).

Para la producción de MS y grano por hectárea, se estimó el número total de plantas de maíz por hectárea mediante el conteo del número de plantas en 5 m lineales de un surco, que multiplicado por la distancia entre surcos de 0.80 m representó una superficie de 4 m². Este proceso se repitió 10 veces para obtener un valor promedio.

La selección de los surcos se realizó de la misma manera que para determinar la morfología de la planta, con un espacio de 25 m entre un muestreo y otro. El valor promedio obtenido en los 4 m² se multiplicó por 2500 para exceder a una hectárea. El peso seco de las plantas y del grano en cada una de las alturas de corte se multiplicó por el total de plantas para determinar la producción de MS y grano por hectárea (Shinners et al., 2007).

Después de 45 d de fermentación, los silos de laboratorio se abrieron para analizar su composición química. Dichos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología en la Universidad Autónoma de Chihuahua. El pH se determinó al momento de ser destapados, tomando una muestra de 20 g de cada uno de los minisilos, la cual se colocó en una licuadora y se le agregó 180 ml de agua destilada a temperatura ambiente, licuándose por 30 s a velocidad alta. La mezcla se filtró a través de cuatro capas de tela para queso y el pH se determinó en el extracto colectado usando un potenciómetro manual HANNA, Instruments.

Todos los ensilajes se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h para determinar el contenido de MS (AOAC, 1990). Después se molieron en un molino Wiley con una malla de 1 mm. El contenido de MO se determinó por incineración de la muestra durante 16 h en una mufla a 500°C (AOAC, 1990). El contenido de MS

absoluta se determinó mediante el secado de la muestra en una estufa de aire forzado a 105°C durante 8 h, (AOAC, 1990).

El contenido de nitrógeno total se determinó en un destilador GERHARDT (Mod. Vapodest 45s), de acuerdo a los procedimientos de AOAC (1990) y se multiplicó por 6,25 para convertirlo a proteína cruda (PC). Las muestras se analizaron para determinar el contenido de FDN y FDA (Van Soest et al., 1991). Los contenidos de FDN, FDA y lignina detergente ácido (LDA) se determinaron secuencialmente en un Analizador de Fibras ANKOM200 (Ankom Technology, Fairport, NY) usando bolsas filtro Ankom® F57, con un tamaño de poro de 30 micrones.

La digestibilidad *in vitro* se determinó mediante la técnica DAISY, la cual involucra soluciones búfer A y B y líquido ruminal. Se utilizaron bolsas filtro Ankom® F57 a las cuales se les agregaron 0,25 g (\pm 0.05) de muestra. Las jarras se colocaron dentro de un digestor DaisyII (ANKOM 200) durante 48 h a 39 °C (\pm 0.5). Las bolsas se secaron en una estufa de aire forzado durante tres horas a 105°C para determinar la digestibilidad de la MS. Posteriormente, se determinó su contenido de FDN para calcular la digestibilidad de la FDN.

Se estimó energía neta para lactancia (EN_L), leche producida por hectárea y por tonelada de MS utilizando el modelo MILK2000 (Schwab et al., 2001) para cada uno de los tratamientos. El modelo utiliza el análisis de composición química del forraje, PC, FDN, DIVFDN (Oba & Allen, 1999), almidón y carbohidratos no fibrosos (CNF) para estimar el contenido de energía neta para lactancia.

Para la producción de gas *in vitro*, se utilizó la prueba Hohenheim (Menke & Steingass, 1988) modificada. Se utilizaron frascos de vidrio con capacidad de 50 ml y la producción de gas se determinó mediante la presión acumulada dentro del frasco, la cual se midió con un transductor de presión, convirtiéndose posteriormente a volumen (Theodorou et al., 1994).

La solución mineral buferada (Menke & Steingass, 1988) fue preparada y mantenida a 39 °C bajo gaseado continuo de CO₂. El líquido ruminal se colectó 15 min antes de la primera alimentación de los animales, utilizando tres ovinos machos de la raza Pelibuey fistulados ruminalmente. Los ovinos fueron alimentados dos veces por día (8:00 y 16:00 h). El líquido ruminal fue colectado directamente del rumen y depositado en un termo previamente atemperado a 39°C, combinado y filtrado a través de cuatro capas de tela para queso y mantenido bajo constante flujo de CO₂ al baño maría a 39 °C. La solución mineral y el líquido ruminal se mezclaron en una relación de 2:1 v/v para obtener el inóculo ruminal. Todo el procedimiento se desarrolló bajo flujo continuo de CO₂. Se agregaron aproximadamente 30 ml de inóculo ruminal a cada frasco conteniendo las muestras de ensilaje (por triplicado). Los frascos se taparon con un corcho de neopreno y se sellaron con aro de aluminio. Estos se incubaron a 39°C y se mantuvieron en agitación continua. La producción de gas acumulada en el frasco se registro a las 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h mediante punción

del corcho con una jeringa adaptada a un transductor de presión (Theodorou et al., 1994).

Los datos colectados para calidad nutricional del ensilaje de maíz, digestibilidad *in vitro* de MS y FDN, producción de leche estimada por tonelada de MS y por hectárea se analizaron con PROC GLM de SAS (SAS, 2002), ajustando un modelo que incluyó como efecto fijo la altura al corte.

Cuando se observó efecto significativo de la altura de corte se aplicó un análisis de contrastes ortogonales para tendencias. Para los datos de producción de gas se ajustó el modelo no lineal monofásico de Groot et al. (1996) mediante PROC NLIN del SAS (SAS, 2002):

$$G = \frac{A}{1 + \frac{B^C}{t^C}}$$

donde:

G = Media de la producción de gas (ml/200 mg de MS) para un tiempo de incubación dado.

A = Asíntota de producción de gas (ml/200 mg de MS)

B = Tiempo (h) post incubación al cual la mitad de la producción de gas ha sido alcanzada.

C = Constante que determina la forma y características del perfil de la curva y, por lo tanto, la posición del punto de inflexión.

t = Variable predictora que representa el tiempo de incubación en horas.

Una vez obtenidos los parámetros de cinética de fermentación A , B y C , estos se analizaron con PROC GLM de SAS (SAS, 2002), donde el modelo ajustado incluyó como efecto fijo la altura al corte. Así mismo, cuando se observó efecto significativo de la altura de corte se aplicó un análisis de contrastes ortogonales para tendencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de MS de maíz (Tabla 1) disminuyó en un 9,0 y 12,6% al incrementar la altura de corte de la planta de 40 a 60cm, respectivamente, comparado con la altura de corte tradicional de 20 cm. Estos resultados coinciden con los reportados por Lewis et al. (2004) y Curran & Posch (2000) quienes reportan reducciones en la producción de MS de alrededor de 11,0% como resultado de incrementar la altura de corte.

Sin embargo, al incrementar la altura de corte se mejoró la relación grano:forraje en un 15,0 y 23,0% en las plantas cortadas a 40 y 60 cm, respectivamente. Por otra parte, al incrementar la altura de corte de 20 a 60 cm, el contenido de tallos fue de 21,9 y 15,2%, respectivamente, lo que representa una disminución de 31,0%. Estos resultados son similares a los reportados por Restle et al. (2002), quienes encontraron una disminución de 29,1% en la proporción de tallos al incrementar la altura de corte de 20 a 42 cm sobre la superficie del suelo. Esta reducci-

Tabla 1. Efecto del incremento de la altura de corte sobre la calidad nutricional del ensilaje**Table 1.** Effect of cutting height of corn on silage nutritional quality

	Altura de corte (cm)			E.E.	P
	(20)	(40)	(60)		
MS (%)	31,6	28,0	29,0	0,36	0,0536
MO (%)	92,9	92,5	92,9	0,356	0,9897
PC (%)	7,9	7,6	6,8	0,155	0,0023
EE (%)	2,5	3,3	3,8	0,620	0,1419
FDN (%)	48,3	47,3	43,3	0,6770	0,0026
FDA (%)	25,5	26,9	24,2	0,836	0,389
LDA (%)	2,3	1,9	1,8	0,228	0,1807

E.E. Error Estándar; P. Valor de probabilidad; N/A No aplica por no haberse realizado análisis estadístico

ón en la proporción de tallos se reflejó en el contenido de FDN, el cual se redujo linealmente ($P < 0,05$) conforme se incrementó la altura de corte a 60 cm. Esto se debe a que en las partes bajas de la planta la concentración de carbohidratos estructurales como la celulosa es mayor (Neylon & Kung Jr, 2003).

El contenido de PC se redujo linealmente ($P < 0,05$) cuando se incrementó la altura de corte a 60 cm (Tabla 1). La concentración de EN_L mostró una tendencia ($P = 0,07$) lineal a incrementarse conforme se elevó la altura al corte.

La DIVMS no fue afectada estadísticamente, sin embargo, se observó un incremento numérico de 7,4% al incrementar la altura de corte de 20 a 60 cm (Tabla 2). El mismo comportamiento se presentó para DIVFDN, la cual mostró un incremento numérico de 8,4 % al incrementar la altura de corte de 20 a 60 cm. Valores muy similares son reportados por Neylon & Kung Jr (2003), al incrementar la altura de corte de 12,7 a 45,7 cm y atribuyen dicho comportamiento a un menor contenido de FDN en ensilajes cortados a una mayor altura. Este mismo comportamiento es observado por Wu & Roth (2005).

Por lo que respecta a la producción de leche estimada por tonelada de MS (t^{-1} MS), esta mostró un incremento numérico de 20,0% cuando se incrementó la altura de corte de 20 a 40 cm. De igual manera, cuando se incre-

Tabla 2. Efecto del incremento de la altura de corte sobre DIVMS, DIVFDN, y producción de leche estimada por tonelada de MS y por hectárea**Table 2.** Effect of cutting height of corn on IVDMD, IVFDND and estimated milk production per ton and DM ton

	Altura de corte (cm)			E.E.	P
	20	40	60		
DIVMS (%)	56,8	55,4	61,0	2,047	0,2027
DIVFDN (%)	46,4	49,3	50,3	3,545	0,4264
EN_L (Mcal kg^{-1} MS)	1,2	1,4	1,4	0,063	0,0732
Prod. de leche (t^{-1} MS)	1,0	1,2	1,2	0,859	0,1118
Prod. de leche ($t ha^{-1}$)	30,3	31,6	31,8	2,302	0,6174
Prod. MS ($t ha^{-1}$)	31,5	28,6	27,5	N/A	N/A
Prod. Grano ($t ha^{-1}$)	8,2	8,6	8,8	N/A	N/A
Relación grano:forraje (%)	26:74	30:70	32:68	N/A	N/A

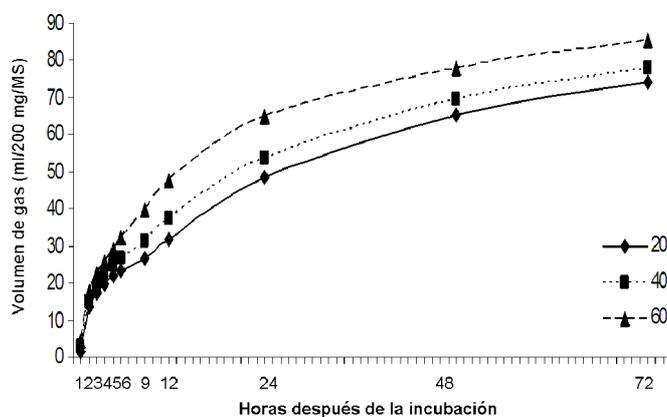
E.E. Error Estándar; P. Valor de probabilidad; N/A No aplica por no haberse realizado análisis estadístico

mentó la altura de corte de 20 a 60 cm, se observó un incremento numérico de 20,0%, sin embargo, estos no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos (Ta-

bla 2). La producción de leche estimada por hectárea ($t ha^{-1}$) mostró un comportamiento similar al anterior, en el que se observó un incremento numérico de 4,2 y 4,9% cuando se incrementó la altura de corte de 20 a 40 y 60 cm, respectivamente, sin que estos incrementos fueran diferentes estadísticamente.

El volumen de gas producido *in vitro* fue mayor ($P < 0,05$) en el ensilaje cortado a 60 cm durante todas las horas de muestreo, comparado con el volumen de aquellos cortados a 20 y 40 cm (Figura 1). Hetta et al. (2007) mencionan que el volumen de gas durante las primeras horas de fermentación (6-8) está estrechamente relacionado con el potencial consumo de este alimento por los animales, así, forrajes con una mayor producción de gas durante los primeras horas serán mayormente consumidos por el animal.

Por lo que respecta a los parámetros de la cinética de fermentación *in vitro* (Tabla 3), el parámetro *A*, incremento linealmente ($P < 0,05$) conforme se elevó la altura de corte, denotando un mayor potencial de producción de gas *in vitro*. El parámetro *B*, fue diferente ($P < 0,05$) entre ensilajes, tendiendo a disminuir linealmente conforme se incrementó la altura de corte, lo cual indica que la velocidad de producción de gas *in vitro* es mayor en ensilajes cortados a mayor altura, debido a una menor concentración de FDN, LDA y una mayor concentración de almidón, lo cual, posiblemente, incrementó la disponibilidad de sustratos utilizables por los microorganismos ruminales (Cone et al., 1998).

**Figura 1.** Efecto de la altura de corte sobre el volumen de producción de gas *in vitro***Figure 1.** Effect of height cutting on *in vitro* gas production volume

En el caso del parámetro *C*, este fue menor ($P < 0,05$) en el ensilaje cortado a 60 cm comparado con aquellos ensilajes cortados a menor altura. Los parámetros (*A* y *B*) regulan la forma de la curva de producción de gas (Groot et al., 1996), posiblemente debido al efecto que sobre ellos ejerce la calidad nutricional del sustrato (Hetta et al., 2007). Desde el punto de vista de nutrición animal, estos dos parámetros describen la cinética de liberación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), por lo tanto podrían ser considerados como indicadores de la calidad nutricional del ensilaje.

Tabla 3. Efecto de incrementar altura de corte sobre los parámetros de fermentación ruminal**Table 3.** Effect of cutting height on fermentation parameters

Parámetro	Altura de corte (cm)			E.E.	P
	20	40	60		
A ¹	64,9	73,9	74,6	7,9	0,001
B ²	30,8	28,6	17,0	3,3	0,000
C ³	1,46	1,19	1,22	0,09	0,012

¹ Valor al cual se alcanza la asíntota en producción de gas (ml/200 mg MS); ² Tiempo (h) al cual se produce la mitad del volumen de gas asíntótico; ³ Constante que determina el punto de inflexión y la forma de la curva de producción de gas *in vitro*; E.E. Error Estándar; P. Valor de probabilidad

CONCLUSIONES

Incrementar la altura de corte de la planta de maíz al momento de la cosecha es una práctica de manejo útil para mejorar el valor nutricional del ensilaje al incrementar la densidad energética, lo cual compensa la reducción en la producción de forraje por hectárea.

Incremento de la altura de corte de la planta de maíz al momento de la cosecha permite al productor disponer de un ensilaje de maíz con alto contenido de energía, coadyuvando a maximizar el consumo de MS durante el periodo de reto, transición y primer tercio de la lactancia.

La altura de corte en la planta de maíz a 40 cm, resulta en mejor equilibrio entre la disminución en la producción de forraje y el valor nutricional.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua por el financiamiento otorgado para este experimento. A los empleados del rancho experimental "El Sauz", al personal del laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología, por todas las facilidades brindadas para la realización de este experimento, tanto en la fase de campo como en la fase de análisis de muestras.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis. v. 1. 15.ed. Arlington, VA: AOAC, 1990.
- Barrière, Y.; Émile, J. C.; Traineau, R.; Hébert, Y. Genetic variation in the feeding efficiency of maize genotypes evaluated from experiments with dairy cows. *Plant Breeding*, v.114, n.2, p.144-148, 1995.
- Cone, J. W.; Van Gelder, A. H.; Valk, H. Prediction of nylon bag degradation characteristics of grass samples with the gas production technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.77, n.3, p.421-426, 1998.
- Coors, J. G.; Carter, P. R.; Hunter, R. B. Silage corn. In: Hallauer, A. R. (Ed.). *Specialty corns*. Boca Raton: CRC Press, 1994. p.306-309.
- Curran, B.; Posch, J. Agronomic management of silage for yield and quality-Silage cutting height. *Crop Insights*, v.10, n.2, p.1-4, 2000.

- Groot, J. C. J.; Cone, J. W.; Williams, B. A.; Debersaques, E. M. A.; Lantinga, E. A. Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.64, n.1, p.77-89, 1996.
- Hetta, M.; Cone, J.W.; Bernes, G; Gustavsson, A. M.; Martinsson, K. Voluntary intake of silages in dairy cows depending on chemical composition and *in vitro* gas production characteristics. *Livestock Science*, v.106, n.1, p.47-56, 2007.
- INEGI. *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua*. México, D.F.: Secretaría de Programación y Presupuesto, v.1, n.1, p.621-622, 2003.
- Kung Jr, L; Moulder, B. M.; Mulrooney, C. M.; Teller, R. S.; Schmidt, R. J. The effect of silage cutting height on the nutritive value of a normal corn silage hybrid compared with brown midrib corn silage fed to lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v.91, n.4, p.1451-1457, 2008.
- Lewis, L. A.; Cox, W. J.; Cherney, J. H. Hybrid, maturity, and cutting height interactions on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, v.96, n.1, p.267-274, 2004.
- Menke, K. H.; Steingass, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, v.28, n.1, p.7-55, 1988.
- Neylon, J. M.; Kung Jr, L. Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v.86, n.6, p.2163-2169, 2003.
- Oba, M.; Allen, M. S. Effect of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding cows. *Journal of Dairy Science*, v.82, n.1, p.135-142, 1999.
- Restle, J.; Newman, M.; Brondani, I. L.; Pascoal, L. L.; Henrique, J. H.; da Silva, S.; Pellegrini, L. G.; De Souza, A. N. M. Corn (*Zea mays* L.) cutting height during silage processing for young beef cattle production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.3, p.1235-1244, 2002.
- SAS. SAS. User's Guide, Version 9.0 SAS Institute Inc., Cary, NY, 2002.
- Schwab, E.; Hoffman, P.; Shaver, R.; Lauer, J.; Coors, J. University of Wisconsin Corn Silage Evaluation System MILK2000 version 2.1. <http://www.uwex.edu/ces/forages/pubs/milk2000.xls>. 2000. 14 Feb. 2008.
- Shinners, K. J.; Adsit, G. S.; Binversie, B. N.; Digman, M. F.; Muck, R. E.; Weimer, P. J. Single-pass, split-stream harvest of corn grain and stover. *Transactions of the ASABE*, v.50, n.2, p.355-363, 2007.
- Theodorou, M. K.; Williams, B. A.; Dhanoa, M. S.; McAllan, A. B.; France, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.48, n.3-4, p.185-197, 1994.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3589, 1991.
- Wu, Z.; Roth, G. Considerations in managing cutting height of corn silage. University Park, PA: Pennsylvania State University, 2005. 7p. (DAS 03-72).