

Niveles de nitrógeno y edad de corte y sus efectos sobre el valor nutritivo y características fermentativas del maíz (*Zea mays* L.)^{1,2}

Ricardo Prieto-Prieto³, Elide Valencia^{4*} y Rebecca Tirado-Corbalá⁵

J. Agric. Univ. P.R. 101 (1):79-90 (2017)

RESUMEN

El experimento consistió de dos fechas de siembra [FS; en septiembre (F1) y febrero (F2)] de maíz (*Zea mays* L.) DKC 67-60. En cada fecha se evaluaron los efectos de cuatro niveles de fertilización con nitrógeno (0, 56, 112 y 185 kg/ha) y tres edades de madurez [70, 77 y 84 días después de la siembra (DDS)] sobre el rendimiento de materia seca (RMS) de las hojas, tallos, mazorcas y la planta entera; y como indicadores de valor nutritivo [proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN)] del material antes de ensilar. En ambas FS los niveles de N afectaron ($P<0.05$) el RMS de los componentes hojas, tallos, mazorcas y de la planta entera, exhibiéndose una respuesta lineal y otra cuadrática, por lo que la dosis óptima pudiera estar entre los niveles de 112 y 185 kg de N/ha. La edad de corte afectó ($P<0.05$) los rendimientos de tallos, mazorcas y de la planta entera, pero no el de las hojas. Los mayores RMS de todos los componentes se obtuvieron a los 84 DDS. La concentración de PB fue mayor en F1 que en F2. A medida que se aumentó la fertilización nitrogenada la concentración de PB también aumentó, pero la concentración de FDN no varió. La edad de corte no tuvo efecto en la concentración de PB, pero sí en la FDN (aumentando con la edad). El pH y los ácidos orgánicos de los ensilajes fueron similares con los cuatro niveles de N; todos los ensilajes mostraron características propias de un buen proceso de fermentación.

Palabras clave: fertilización, ensilaje, maíz transgénico, proteína bruta, rendimiento de materia seca

ABSTRACT

Nitrogen levels and age at harvest and their effects on the nutritive value and fermentative characteristics of corn (*Zea mays* L.)

The experiment consisted of two dates of planting [in September (D1) and February (D2)] of maize (*Zea mays* L.) DKC 67-60, to evaluate the effect of four

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 4 de febrero de 2016.

²Esta investigación se realizó con fondos del proyecto T-STAR 105 y SP 389.

³Ex-estudiante graduado, Departamento de Ciencias Agroambientales.

⁴Catedrático, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681. *Autor para correspondencia. Tel.: 787-951-6444. *E-mail address:* elide.valencia@upr.edu

⁵Catedrática Auxiliar, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681.

N fertilization levels (0, 56, 112 and 185 kg/ha) and three ages at harvest [70, 77 and 84 days after planting (DAP)] on dry matter yield (DMY) of the leaves, stem, ear and of the entire plant; and as indicators of nutritive value [crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF)] of harvested material prior to ensiling. In both plantings, the levels of N affected ($P < 0.05$) DMY of leaves, stems, ears and entire plant, exhibiting both a linear and a quadratic response, and suggesting that the optimum N application rate is between 112 and 185 kg/ha. Age at harvest date affected ($P < 0.05$) DMY of stems, ears and entire plant, but not that of the leaves. Greater DMY was observed at 84 DAP for all components. The CP concentration was greater in the forage of the first planting (D1). Increasing N application rates increased CP, but had no effect on NDF concentration. Age at harvest had no effect on CP, but progressively increased NDF. Both pH and organic acid concentrations in the silages were similar with the four N levels; all of the silages showed good fermentation characteristics.

Key words: fertilization, silage, transgenic corn, crude protein, dry matter yield

INTRODUCCIÓN

En Puerto Rico, la alimentación de vacas lecheras a base de raciones mezcladas completas es de gran interés, pero el bajo valor nutritivo de las gramíneas tropicales disponibles limita su adopción (Valencia et al., 2005). El maíz (*Zea mays* L.) en forma de ensilaje podría aportar a la superación de dicha limitación por su alto valor energético (Armstrong et al., 2005). Sin embargo, la baja concentración de proteína bruta (PB) en el ensilaje de maíz presenta otra limitante en la formulación de dietas de vacas lecheras. Arias-Carrasquillo (1998) demostró que los maíces tropicales (ej., 'Mayorbela' y 'Diente de Caballo') tienen buenas características fermentativas.

Las mayores limitantes en el cultivo del maíz y su rendimiento de materia seca (MRS) son las malezas, los insectos dañinos y la exigencia de fertilización nitrogenada. Algunas compañías comerciales (ej., Monsanto) han liberado híbridos de maíz transgénicos (ej., DKC 67-60), los cuales facilitan el manejo de las malezas en este cultivo. Estos híbridos dan altos rendimientos de ensilaje con buenas características fermentativas, por lo cual representan un potencial para dicho uso en Puerto Rico (Valencia et al., 2005). Se ha demostrado, también, que el N es el elemento que con más frecuencia limita el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (Below, 2004).

Al presente, no existe información actualizada que defina el nivel de fertilización nitrogenada y estado de madurez óptimos para ensilar el maíz en Puerto Rico. Si bien el efecto positivo del N sobre el rendimiento de maíz es conocido, se precisa conocer la respuesta del maíz a diferentes niveles de N para determinar la dosis que asegure un rendimiento óptimo de ensilaje. Por otro lado, hace falta información sobre la edad óptima de cosecha del maíz híbrido DKC 67-60 para ensilar.

Núñez et al. (2005) señalan que un momento óptimo de corte puede ser al presentarse 35% de MS en la planta entera (mazorca en estado lechoso), pero esto varía según el híbrido de maíz, el tipo de suelo y el tipo y nivel de fertilización.

El objetivo del estudio presente fue evaluar el efecto de cuatro niveles de N (0, 56, 112 y 185 kg/ha) y tres edades de corte (70, 77 y 84 días después de la siembra; DDS) sobre el RMS (en hojas, tallos, mazorcas y planta entera) y composición nutritiva [proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN)] del maíz híbrido DKC 67-60, con tolerancia a glifosato. Además, se determinaron las características fermentativas y estabilidad aeróbica del material ensilado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Lajas, Universidad de Puerto Rico, ubicada a 18° latitud Norte y 67° longitud Oeste y a 30 m sobre el nivel del mar. El suelo en el área del estudio es de la serie San Antón (Fino-lómico, mixto, isohiper-térmico Cumulic Haptustolls) (Beinroth et al., 2003). Este suelo presenta un pH básico (7.3), contenidos moderados de materia orgánica (2.25%) y calcio (35.4 cmol/kg), y altos contenidos de fósforo (17 ppm), potasio (0.16 cmol/kg) y magnesio (16.4 cmol/kg).

El experimento utilizó el maíz híbrido DKC 67-60 en dos tandas repetidas en tiempo, la primera fecha de siembra (FS) fue el 16 de septiembre del 2005 (F1) y la segunda el 16 de febrero del 2006 (F2). Ambas siembras se establecieron con una sembradora de dos hileras (76 cm entre hileras y 10 cm entre plantas). Cada parcela consistió de 40 m cuadrados (4 x 10 m). El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones, donde los cuatro niveles de N (0, 56, 122 y 185 kg/ha) constituyeron la parcela principal y las tres edades de corte (70, 77 y 84 DDS) las sub-parcelas.

La fertilización se realizó en bandas a las cuatro semanas después de sembrado el maíz, utilizando abono granulado de fórmula 15-5-10 (N-P-K). Para el control de la hierba Johnson [*Sorghum halepense* (L)], se aplicó como herbicida post-emergente el glifosato [N-(phosphonomethyl) glycine] a razón de 1.44 litros i.a/ha, cuando la planta alcanzó una altura de 30 cm. Para combatir el cogollero [*Spodoptera frugiperda* (Smith)] se realizaron dos aplicaciones con bombas de presión de los insecticidas Dipel[®]

[®]Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

(*Bacillus thuringiensis*) y Lannate® Pw (S-methyl-N-[(methylcarbamoyl)oxy]thioacetimidate) a razón de 3.0 litros i.a/ha y 0.27 kg ia/ha, respectivamente.

En cada unidad experimental se seleccionaron tres hileras en la parte central y se les asignó al azar una de las tres edades de corte a cada hilera. A cada edad de corte se cosecharon las plantas en 10 m lineales (7.60 m²) a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo. El material cosechado se pesó para estimar por extrapolación la producción de biomasa verde por hectárea. De cada unidad experimental se seleccionaron seis plantas al azar, tres de las cuales fueron separadas en hojas, tallos y mazorcas para determinar la cantidad de MS en cada parte y las tres restantes se utilizaron para la misma determinación en la planta entera. Las muestras correspondientes a cada tratamiento se secaron en un horno de aire forzado (65° C/72 h), y posteriormente se molieron en un molino Thomas Wiley® para pasar un cedazo de 1 mm de porosidad. Estas muestras se sometieron al método micro-Kjeldhal (utilizando el analizador de nitrógeno *Kjeltec system 1002*) para determinar el porcentaje de N total y luego calcular la concentración de PB (N*6.25). La FDN se determinó siguiendo el procedimiento de Van Soest et al. (1991).

El resto del forraje cosechado se desmenuzó en partículas de 2 cm de largo con un picador mecánico (Craftman®) y se ensilaron en microsilos con capacidad de 1.8 kg, construidos con tubería PVC y provistos de una válvula en su parte superior para el escape de gases. Los microsilos se almacenaron a temperatura ambiente (26 a 29 °C) hasta ser abiertos a los 45 días. Muestras de 500 g del material ensilado homogenizado se guardaron en bolsas plásticas con capacidad de 1 kg y se conservaron en termos con hielo para evitar la fermentación. Las muestras, por edad de corte, se analizaron en el laboratorio de Nutrición Animal del Reciento Universitario de Mayagüez para determinar pH, contenido de MS (65 °C/72 horas), ácidos orgánicos (láctico y butírico), PB y FDN. Después de 45 días de fermentación se abrieron los microsilos y se tomaron muestras cuadruplicadas de cada tratamiento, las cuales se evaluaron en cuanto a valores de pH, MS, ácidos orgánicos y estabilidad aeróbica.

Para la determinación del pH, se mezclaron 50 g del ensilaje de cada tratamiento correspondiente a cada día de fermentación con 450 ml de agua deionizada (pH 7.0), se homogenizaron en bolsas esterilizadas (Stomacher® 3500) por espacio de dos minutos y se filtró la suspensión a través de gasa esterilizada. El extracto filtrante se utilizó para medir el pH con un electrodo de combinación (Beckman Model 510 pH Meter). Los contenidos de ácidos orgánicos (acético, propiónico, butírico y láctico) del material antes de ensilarse y después de 45 días de

fermentación fueron determinados en un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, NY), utilizando las muestras de la solución homogenizada centrifugadas a 2,500 rpm por 15 minutos.

A los 45 días se abrieron cuatro microsilos por tratamiento para determinar la estabilidad aeróbica del ensilaje. Muestras de cada microsilo (800 g) se colocaron en bolsas plásticas situadas en envases de isopor y se dejaron expuestas a condiciones aeróbicas por un periodo de cinco días. A cada muestra se le colocó un termómetro en medio de la masa de ensilaje y se tomó lectura de la temperatura cada seis horas durante las primeras 48 horas de exposición aeróbica y cada 12 horas del tercer al quinto día. Después del 1, 3 y 5 d de exposición aeróbica se cuantificó la materia seca recuperada, utilizando los pesos inicial y final de las muestras de los ensilajes expuestos y corrigiendo por el porcentaje de MS después de cada periodo de exposición aeróbica. Se tomaron muestras de los ensilajes después de 0, 1, 3 y 5 d de exposición aeróbica para determinar el pH.

Los datos de RMS se sometieron a un análisis de varianza utilizando el programa estadístico SAS (1990). En el modelo se incluyó fecha de siembra (FS), nivel de N, edad de corte y las interacciones corte x nivel de N, corte x FS, nivel de N x FS, y corte x nivel de N x FS. Se utilizó la prueba de contrastes para realizar tres comparaciones de medias de los cuatro niveles de N (0 versus 56, 112 y 185 kg/ha; 56 versus 112 kg/ha; 56 y 112 versus 185 kg/ha). Para la separación de medias por edad de corte se utilizó la prueba LSD.

Los datos referentes a los ensilajes se sometieron a análisis de varianza para un DCA, con cuatro repeticiones y un arreglo factorial de tratamientos de cuatro niveles de N (0, 56, 112, 185 kg/ha); tres edad de corte (70, 77 y 84 DDS); dos largos de fermentación (0 y 45 d); y cuatro días de exposición aeróbica (0, 1, 3 y 5), utilizando el procedimiento del modelo lineal en SAS (1990). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Bonferroni.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones pluviales totales registradas en la EEA de Lajas de septiembre a noviembre del 2005 y de febrero a abril del 2006 fueron de 523 y 442 mm, respectivamente. En ambas FS las abundantes precipitaciones hicieron innecesario el uso de riego. Sin embargo, ocurrió una mejor distribución de la precipitación en la segunda siembra. En la primera ocasión cayó un exceso de sobre 400 mm de lluvia durante un período de 45 días, provocando una zona de saturación en el suelo que duró por varios días lo que afectó el crecimiento y desarrollo del maíz (E. Valencia; observaciones personales).

Se encontró una interacción ($P < 0.05$) de nivel de N x FS. En el Cuadro 1 se desglosa las relaciones entre los cuatro niveles de N y las dos FS en su efecto sobre el RMS de los componentes de la planta (hojas, tallos, mazorcas) y el RMS total. Se verificó una respuesta lineal y también una cuadrática al nivel de N en todo caso, a excepción del componente tallo, que solo presentó una tendencia cuadrática. Para el componente hojas, los contrastes que compararon el control versus los otros tres niveles de N; y 56 y 112 versus 185 kg de N/ha arrojaron diferencias significativas ($P < 0.05$), pero no así al comparar 56 versus 112 kg de N/ha. En ambas FS la mayor producción de MS/ha de hojas, tallo y mazorcas se obtuvo al aplicar 185 kg de N/ha. La ventaja de F2 sobre F1 en RMS fue más marcada en tallos y mazorcas que en hojas a todos los niveles de N. Betancourt et al. (1998) evaluaron los efectos de niveles de fertilización (0, 60, 80 y 100 kg de N/ha) sobre el área foliar y el diámetro de tallo de maíz y obtuvieron los mayores valores con la aplicación de 100 kg de N/ha. Según Below (2004), la disponibilidad de N juega un papel importante durante la formación y desarrollo de los granos y por consiguiente promueve mayores rendimientos.

En el Cuadro 2 se muestra el efecto de la FS y la edad de corte sobre el RMS de los componentes de planta (hojas, tallos y mazorcas) y total. Entre las FS se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) para todos los RMS en cuestión. Tanto para hojas (1.13 vs. 2.36 t/ha), tallos (1.84 vs. 5.19 t/ha), mazorcas (1.69 vs. 4.50 t/ha) y planta entera (4.66 vs. 12.05 t/ha) los mayores valores corresponden a F2 cuando las condiciones de humedad edáfica fueron más favorables.

La edad de corte no afectó ($P > 0.05$) los RMS del componente hojas, pero sí tuvo efecto sobre los RMS de tallos, mazorcas y RMS total. Tanto para mazorcas (4.04 t/ha) como para rendimiento total (9.13 t/ha) se obtuvieron los mayores valores a los 84 DDS. En estas dos variables se registró un aumento por sobre 1 t/ha de MS de los 70 a los 84 DDS. Estos resultados son consonos con los de Elizondo y Boschini (2001) quienes evaluaron dos estados de madurez y obtuvieron mayores RMS de mazorcas y en total a los 84 DDS. En cambio, el rendimiento de tallos decreció durante dicho lapso.

La concentración de PB acusó efectos significativos ($P < 0.05$) de las FS y los niveles de N, pero no así las edades de corte. La concentración de PB fue mayor ($P < 0.05$) en F1 (7.12%) que en F2 (6.60%). Este efecto de época sobre la PB puede deberse a cambios en las proporciones de los componentes de la planta. Los rendimientos de tallos duplicaron los de hojas y posiblemente esta relación haya ocasionado una dilución en la concentración de PB. Entre los niveles de N se encontró una tendencia lineal ($P < 0.05$), obteniéndose mayores concentraciones de PB

CUADRO 1.—Efecto de la interacción fecha de siembra por nivel de N sobre el rendimiento de materia seca de los componentes de la planta y en total del maíz híbrido DKC 67-60.

Niveles de N kg/ha	Fecha de siembra 1				Fecha de siembra 2			
	Hojas	Tallos	Mazorcas	Rendimiento total	Hojas	Tallos	Mazorcas	Rendimiento total
0	0.84	1.13	1.03	3.00	1.90	4.39	3.39	9.68
56	1.06	1.81	1.56	4.43	2.34	5.42	4.60	12.36
112	1.21	2.18	1.82	5.21	2.35	5.33	4.53	12.21
185	1.43	2.23	2.36	6.02	2.85	5.64	5.47	13.96
Tratamientos	*	*	*	*	*	*	*	*
Contrastes	*	ns	*	*	*	ns	*	*
N-lineal	*	*	*	*	*	*	*	*
N-Cuadrático	*	*	*	*	*	*	*	*

*P= (0.05), ns= no significativo.

CUADRO 2.—Efecto principal de la fecha de siembra y edad de corte sobre los rendimientos de materia seca (RMS) de los componentes de la planta y en total del maíz híbrido DKC 67-60.

Componente de la planta (t/ha)	Fecha de siembra		Edad de corte (días)		
	1	2	70	77	84
Hojas	1.13 b ¹	2.36 a	1.87 a	1.70 a	1.67 a
Tallos	1.84 b	5.19 a	3.82 a	3.35 b	3.38 b
Mazorcas	1.69 b	4.50 a	2.25 c	2.99 b	4.04 a
Total	4.66 b	12.05 a	7.94 b	8.04 b	9.09 a

¹Medias en la misma fila dentro de cada subtítulo con letras diferentes difieren significativamente ($P < 0.05$).

a 185 kg de N/ha (7.97%), lo que supera por casi dos unidades de por ciento al control (6.01%). Soto et al. (2002) observaron una respuesta similar de 2.2 unidades de aumento en PB al aumentar la fertilización de 150 a 450 kg de N/ha. Los resultados presentes concuerdan en que la aplicación de mayores niveles de N en maíz para ensilaje aumenta la concentración de PB.

Aunque la edad de corte no afectó ($P > 0.05$) la concentración de PB, sí impactó significativamente ($P < 0.05$) la concentración de FDN. Dicha concentración fue mayor ($P < 0.05$) en material cosechado a los 84 DDS (59.5%) que en el cosechado a los 77 DDS (58.3%) o a los 70 DDS (56.5%); no hubo diferencia entre los últimos dos. Núñez et al. (2005) y Arias-Carrasquillo (1998) observaron efectos similares sobre la FDN en variedades de maíz tropical e híbridos comerciales. Valencia et al. (2005) reportaron un valor de 57% de FDN en maíz híbrido DKC67-60 cosechado a los 90 DDS. La concentración de FDN va asociada al crecimiento y maduración del forraje, por lo tanto, se incrementa a medida que aumenta la edad de corte.

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los niveles de N, ni entre las edades de corte para las variables pH y concentración de ácidos orgánicos tanto en el material antes de ensilar como en el fermentado por 45 días (Cuadro 3). El pH promedio para todos los niveles de N y edades de corte fue de 3.73, lo que indica que el ensilaje resultó altamente acidificado y presumiblemente de alta calidad (Valencia et al., 2005). Esto sugiere que los microorganismos hicieron uso eficiente de los carbohidratos solubles en agua convirtiéndolos en ácido láctico principalmente. Sin embargo, la concentración final de lactato fue de 1.5% del forraje en base seca, siendo esta la concentración mínima recomendada para identificar un ensilaje estable, producto de una fermentación homoláctica (Arias-Carrasquillo, 1998). La concentración promedio de ácido acético fue baja (0.29% en base seca), lo que también es indicativo de un ensilaje de calidad.

CUADRO 3.—Efecto de cuatro niveles de N, edad de corte y largo de fermentación sobre el pH y concentración de los productos de fermentación del ensilaje del maíz híbrido DKC 67-60.

Característica	Largo de fermentación (día)	Niveles de fertilización (kg/ha)				Edad de corte (días)			
		0	56	112	185	70	77	84	84
pH	0	5.85 a ¹	5.83 a	5.89 a	5.96 a	5.89 a	5.86 a	5.90 a	5.90 a
	45	3.72 a	3.72 a	3.77 a	3.74 a	3.67 a	3.76 a	3.79 a	3.79 a
Productos de fermentación (g/100 g MS)	0	0.01a	0.01 a	0.01 a	0.00 a	0.01 a	0.01 a	0.01 a	0.01 a
	45	1.22 a	1.26 a	1.21 a	1.23 a	1.32 a	1.20 a	1.17 a	1.17 a
Ácido láctico	0	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a
	45	0.27 a	0.28 a	0.28 a	0.31 a	0.31 a	0.29 a	0.25 a	0.25 a
Ácido butírico	0	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
	45	0.01 a	0.02 a	0.01 a	0.00 a	0.01 a	0.01 a	0.01 a	0.01 a

¹Medias en la misma fila dentro de subtítulos con la misma letra no difieren significativamente (P<0.05).

La estabilidad aeróbica de los ensilajes es una consideración importante, bien sea en ambientes templados (Wardynski, 1991) o tropicales (Rodríguez, 1996). El deterioro aeróbico de los ensilajes suele deberse a la degradación de los ácidos orgánicos y carbohidratos solubles en agua residuales por hongos y levaduras y ocasionalmente por bacterias productoras de ácido acético. Este deterioro se refleja en aumentos en el pH (menguada acidez) y en la temperatura (calor metabólico microbial) asociado a la actividad de microorganismos aeróbicos (Driehuis et al., 1999). En la prueba de estabilidad del presente estudio, los niveles de fertilización nitrogenada no afectaron ($P < 0.05$) el pH, temperatura ni materia seca recuperada (MSR), en cambio hubo efectos de la edad de corte y el largo de exposición aeróbica sobre estas variables indicativas de la estabilidad (Cuadro 4). El pH fue mayor (menos ácido) en ensilaje correspondiente a los 70 DDS (4.72) que en aquel a los 77 DDS (4.50) o a los 84 DDS (4.36). La temperatura también fue más elevada en el ensilaje de maíz cosechado a los 70 DDS (31.7) que en el de 77 DDS (28.8) o 84 DDS (27.7). El pH del conjunto de ensilajes al día cero de exposición al aire presentó un promedio de 3.71. Como era de esperarse, el pH incrementó de forma lineal a un nivel de 6.30 al quinto día de exposición. Además del pH y temperatura, la MSR a lo largo de la exposición al aire es otro criterio pertinente. Se detectó un leve pero significativo ($P < 0.05$) efecto sobre la MSR favorable al ensilaje resultante del corte a los 70 DDS relativo a 77 DDS y una ventaja más amplia de estos dos ensilajes relativo al de 84 DDS (Cuadro 4). Los resultados de la prueba de estabilidad aerobia son inconclusos en cuanto al efecto de la edad de corte, ya que el ensilaje de 84 DDS lució como el mejor según los criterios de pH y temperatura, pero el peor en MSR, mientras ocurrió lo contrario con el ensilaje de 70 DDS.

CONCLUSIÓN

Los resultados presentes indican que mayores niveles de fertilización con N aumentaron la producción de MS en ambas siembras, exhibiendo respuestas lineal y cuadrática, por lo que la dosis óptima pudiera estar entre los niveles de 112 y 185 kg de N/ha. La segunda siembra dio RMS mayores que la primera debido mayormente a una distribución de lluvia más adecuada. La edad de corte (84 DDS) aumentó los rendimientos de mazorcas y de plantas enteras, pero no de hojas y tallos relativo a los 70 DDS y 77 DDS. La concentración de PB fue mayor en forraje de la primera siembra y aumentó con el incremento de N aplicado. La edad de corte no afectó la PB pero sí la concentración de FDN. Ni los niveles de N ni la edad de corte afectaron el pH y

CUADRO 4.—Efecto de nivel de fertilización de N, edad de corte, largo de fermentación y día de exposición aeróbica sobre el pH, la temperatura y la materia seca (MS) recuperada de ensilaje del maíz híbrido DKC 67-60.

Característica	Niveles de N (kg/ha)						Edad de corte (días)					Día de exposición aeróbica				
	0	56	112	185	70	77	84	0	1	3	5					
pH	4.59 a ¹	4.47 a	4.53 a	4.52 a	4.72 a	4.50 b	4.36 b	3.71 c	3.72 c	4.37 b	6.30 a					
Temperatura (°C)	29.7 a	29.3 a	29.3 a	29.3 a	31.7 a	28.8 b	27.7 c	23.3 c	24.9 c	32.8 a	30.3 b					
MS recuperada	88.8 a	88.9 a	88.8 a	88.9 a	89.5 a	89.3 b	87.7 c	100.0 a	88.1 b	85.7 c	81.7 d					

¹Medias en la misma fila dentro de subtítulos con distintas letras difieren significativamente (P<0.05)

la concentración de ácidos orgánicos del ensilaje de maíz DKC 67-60, tampoco impidieron el deterioro del mismo al exponerse al aire. Se sugiere como recomendable una edad de corte entre los 70 DDS y 77 DDS.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist), 1990. Official Methods of Analysis. Arlington, VA.
- Arias-Carrasquillo, F., 1998. Características fermentativas y estabilidad aeróbica de dos variedades de maíz tropical y hierba guinea ensilada a diferentes estados de madurez. MS Tesis. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 77pp.
- Armstrong, K., K. Albrecht, J. Lauer y H. Riday, 2005. Intercropping climbing beans with corn for silage. American Forage and Grassland Council Conference Proceedings. p. 173.
- Beinroth, F., R. Engel, J. Lugo, C. Santiago, S. Ríos y G. Brannon, 2003. Updated Taxonomic Classification of the Soils of Puerto Rico, 2002. Estación Experimental Agrícola, Recinto Universitario de Mayaguez, Universidad de Puerto Rico. Boletín 303, 77p.
- Below, F. E., 2004. Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz. Informaciónes agronómicas. No. 54. INPOFOS
- Betancourt, P., J. González, B. Figueroa y F. González, 1998. Cobertura vegetativa y fertilización nitrogenada en la producción de maíz. *Terra* 16 (3): 231-237.
- Driehuis, F., O. Elferink, J. C. Gottschal y S. F. Spoelstra, 1999. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. <http://www.fao.org/docrep/fao/005.pdf>.
- Elizondo, J. y C. Boschini, 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 12(2): 181-187.
- Núñez, H. G., G. F. Contreras y C. R. Faz, 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Tec Pecu Méx* 41(1): 37-48.
- Rodríguez, A. A., 1996. Studies on the efficacy of a homofermentative lactic acid producing bacterial inoculant and commercial plant cell wall-degrading enzyme mixtures to enhance the fermentation characteristics and aerobic stability of forages ensiled in temperate and tropical environments. Doctoral Research Dissertation. Michigan State University, East Lansing, MI, USA. 351pp.
- SAS Inst., 1990. SAS/STAT User's Guide (version 6.12). SAS Inst. Inc., Cary, N.C.
- Soto, P., E. Jahn y S. Arredondo, 2002. Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el valle central Regado. *Agric. Téc. Abr.* 2002, vol. 62, no. 2, p. 255-265.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson y B. A. Lewis, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Valencia, E., R. Sanabria, K. Tous y A. A. Rodríguez, 2005. Silage yield, fermentation characteristics and aerobic stability of two hybrids corns. American Forage and Grassland Council. p. 185-189.
- Wardynsky, F. A., 1991. Effects of microbial cultures and various other additives on the feeding quality, fermentation pattern, dry matter recovery and aerobic stability of high moisture corn. M.S. Department of Animal Science, Michigan State University.