

ESTUDIO PRELIMINAR DEL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD NUTRITIVA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO EN CULTIVO ECOLÓGICO

A.B. MONTEAGUDO, L.CAMPO, B. SALLERES, J. MORENO

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego da Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10.15080 A Coruña. anamonteagudo@ciam.es

RESUMEN

La demanda de forraje para alimentación animal está detrás del incremento año a año del cultivo de híbridos de maíz forrajero. Debido al alto contenido energético, producción en materia seca y ciclo vegetativo corto, las explotaciones ganaderas emplean mayoritariamente el maíz forrajero para ensilado. Dado que el cultivo del maíz supone una considerable parte del área cultivada actualmente, es importante obtener híbridos comerciales que se adapten a los nuevos sistemas productivos, como es el caso del cultivo en ecológico. Además, la transformación de las explotaciones ganaderas tradicionales hacia la producción ecológica requiere que los alimentos también procedan de cultivo ecológico y, por tanto, se requieren híbridos comerciales adaptados que permitan satisfacer dicha demanda.

El objetivo de este trabajo ha sido la evaluación de 48 de híbridos de maíz, desarrollados en los programas de mejora genética del CIAM, para determinar su potencial para el cultivo en ecológico, su rendimiento y calidad forrajera. Trece de los híbridos estudiados presentaron unos rendimientos forrajeros por encima de los testigos. Destacan los híbridos 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2 que combinan un buen rendimiento forrajero con una buena calidad del mismo.

Palabras clave: maíz, rendimiento forrajero, cultivo ecológico.

INTRODUCCIÓN

El maíz forrajero, junto con otras especies forrajeras, constituye uno de los principales alimentos empleados en las explotaciones ganaderas en las zonas de climas templados, debido a su alto contenido energético y su producción en materia seca. La combinación de praderas de pastoreo y ensilado del maíz se ha destacado como una opción adecuada para la alimentación del ganado en las explotaciones intensivas (Moreno, 1982). Así la superficie de cultivo forrajero en España ha sufrido un incremento del 3% desde 2007, registrándose una superficie cultivada de maíz forrajero en 2009 cercana a las 86 000 ha (MAPA, 2009a) y concentrándose un 72,8% de dicha superficie cultivada en Galicia.

La creciente preocupación por la preservación del medio ambiente y la búsqueda de beneficios para la salud humana en los alimentos, ha determinado que el cultivo y elaboración de productos ecológicos sea cada vez mayor y se haya incrementado el valor añadido de dichos productos. De este modo la agricultura ecológica ha experimentado un crecimiento del 33% en 2008, respecto de la superficie cultivada en ecológico en 2007, con un total de 1 317 751 ha, lo que sitúa a España en los primeros puestos dentro del marco europeo (MAPA, 2009b). Este creciente interés también se ha visto reflejado en el sector de la ganadería, entre otros, registrándose en 2009 un total de 3813 explotaciones ganaderas ecológicas en toda España.

A pesar de que Galicia concentra más del 72% de la superficie cultivada en forraje, el cultivo en ecológico de especies forrajeras sólo representa el 1,69% del total español. Dado que el 4,43% de las explotaciones ganaderas ecológicas se encuentran en Galicia y que se requiere del cultivo en eco-

lógico también de las especies empleadas para la alimentación del ganado de dichas explotaciones (Reglamentos 2092/91, 1804/1999), sería necesario un incremento de la superficie forrajera en cultivo ecológico, además de abogar porque se produzca un incremento general de cultivos ecológicos en Galicia.

La transformación de explotaciones ganaderas tradicionales hacia una explotación ecológica se ve en muchas ocasiones dificultada por la disponibilidad de forrajes ecológicos para el ensilado. Así en este trabajo, se presenta una evaluación preliminar de 48 híbridos de maíz durante los años 2008 y 2009 para determinar su potencial productivo en ecológico y su calidad y rendimiento forrajero. Esta evaluación se continuará para finalmente seleccionar aquellos híbridos que aúnen el mejor rendimiento y calidad de forraje para su puesta a disposición del sector agrario ecológico gallego.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material evaluado consta de: 32 híbridos F2S2 y 6 híbridos F2S3 procedentes del cruzamiento entre las líneas puras (EC136xEC151) x EC214; 4 híbridos de la línea pura EC49A con las líneas puras EC22, EC133, EC179A y EC323A respectivamente; 4 híbridos procedentes del cruzamiento entre la línea EC49A y los ecotipos gallegos, 85022, 85042, 85020 e 85040 pertenecientes al Banco de Germoplasma del CIAM; además de los híbridos EC214x(A632xCM105) e EC214xEC169. Por lo tanto, se evaluaron para determinar el potencial forrajero un total de 48 híbridos, obtenidos todos ellos en los programas de mejora genética desarrollados en el CIAM.

La evaluación en campo de los híbridos se realizó en condiciones de cultivo ecológico en 2008, en la localidad de Barbadás (Ourense) y en 2009, en las localidades lucenses de Friol y Baralla, con una densidad de siembra de 90 000 plantas por hectárea. El diseño experimental en los tres casos fue un diseño Látxice con tres repeticiones. Como testigos se utilizaron los híbridos comerciales LG3303, Nkthermo, Anjou290, Maverick, Furio, Pisuerga y Dukla, como representación de los ciclos de crecimiento y características forrajeras de los actuales híbridos comercializados.

Los caracteres agronómicos que se tomaron fueron: vigor temprano (VTE), floración masculina y floración femenina (DFEM). Tras la cosecha se tomó el peso total de planta de las parcelas y se separó una muestra para ser triturada. De las muestras trituradas por parcela se secaron 300 g a 80° C durante 18 horas. Tras el periodo de secado se tomó el peso final de las muestras para la determinación del contenido en materia seca (MSPE). A partir del peso de la planta entera por parcela y la materia seca se calculó el rendimiento de forraje en toneladas por hectárea (REND) (Campo, 1999). Posteriormente, las muestras secas se molieron en un molino Christy-Norris a 1 mm y se analizaron por espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) el contenido en materia orgánica (MO) y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMO), mediante ecuaciones de predicción desarrolladas por Campo y Moreno (2003).

El análisis estadístico de los resultados se realizó con el programa Proc glm, tomando los genotipos como efectos aleatorios y la separación de medias de los genotipos se realizó mediante un test LSD (F significativo $p < 0,05$). Ambas pruebas se realizaron con el paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medias globales de híbridos y testigos (Tabla 1) son muy similares, destacando los caracteres rendimiento forrajero (REND) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMO), en los que

la media de los híbridos es mayor que la media de los testigos para dichos caracteres. Los valores de digestibilidad se encuentran en torno al 68 %, valor que se corresponde con Argillier *et al.* (2000), pero es inferior a la encontrada por Campo y Moreno (2005). En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas para todos los caracteres en los diferentes ambientes de estudio; para los genotipos se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) para los caracteres agronómicos de vigor temprano (VTE) y floración femenina (DFEM), al igual que para el carácter de rendimiento forrajero, mientras que el nivel de significación fue menor ($p < 0,05$) para encamado (ENC) y contenido en materia seca (MSPE). En cuanto a la calidad nutritiva determinada por el contenido en materia orgánica (MO) y digestibilidad de la misma (DMO), no se observaron diferencias significativas entre los distintos genotipos estudiados, coincidiendo con estudios previos de híbridos forrajeros (Lewis *et al.*, 2004; Campo y Moreno, 2005). En cuanto a la interacción genotipo*ambiente, se observaron diferencias significativas en los caracteres agronómicos, excepto para vigor temprano, mientras que para caracteres de rendimiento y calidad sólo se encontraron diferencias significativas para la digestibilidad de la materia orgánica, este menor nivel de significación en las interacciones se corresponde con estudios previos (Cox *et al.*, 1994; Argillier *et al.*, 1998). Los valores de los coeficientes de variación (CV) obtenidos, según parámetro, son aceptables, hecho que refuerza la fiabilidad de los resultados obtenidos en el análisis.

Tabla 1. Medias globales de híbridos de maíz forrajero y testigos para los caracteres agronómicos y de rendimiento.

| | VTE | DFEM | ENC | MSPE | REND | MO | DMO |
|--------------------|------|------|-----|------|--------|------|------|
| Media Híbridos | 3,1 | 83,1 | 0,1 | 33,0 | 1385,6 | 96,2 | 68,8 |
| Media Testigos | 3,1 | 83,6 | 0,1 | 36,2 | 1332,6 | 96,4 | 68,5 |
| LSDh (5%) | 1,1 | 1,9 | 0,3 | 5,9 | 420,8 | 0,7 | 3,0 |
| LSDt(5%) | 1,0 | 3,2 | 0,7 | 11,4 | 439,1 | 1,1 | 2,6 |
| Fuentes variación | | | | | | | |
| Ambiente | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Genotipo | *** | *** | * | * | *** | ns | ns |
| Bloque(Repetición) | ** | ns | ns | * | *** | ns | ns |
| Ambiente*Genotipo | ns | *** | *** | ns | ns | ns | *** |
| CV (%) | 18,9 | 1,4 | 2,9 | 10,2 | 16,8 | 0,4 | 2,3 |

VTE: vigor temprano; DFEM: floración femenina (días); ENC: encamado; MSPE: materia seca de la planta entera (%); REND: rendimiento forrajero de planta entera (t/ha); MO: contenido en materia orgánica (%); DMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*; LSDh: mínima diferencia significativa entre híbridos ($\alpha=0,05$); LSDt: mínima diferencia significativa entre los testigos ($\alpha=0,05$); CV: coeficiente de variación; ns: no significativo $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

En la Tabla 2 se detallan los datos para caracteres agronómicos, de rendimiento y de calidad para los híbridos que presentaron un buen rendimiento forrajero, muchos de ellos superaron a la media global de los testigos (1333,6 t/ha), junto con los datos detallados de los siete testigos empleados en la evaluación. Los híbridos obtenidos del cruzamiento entre la línea EC 49A y las líneas EC22, EC323 y EC179D y los ecotipos 85020 y 85040, junto con los híbridos 954-62 F2S3 y 957-74 F2S3 destacan sobre el resto de híbridos con un rendimiento que supera las 1600 t/ha, además muchos de ellos superan la media global de los híbridos y los testigos para el porcentaje de materia seca (31,4%-40,6%).

Estos híbridos son de ciclo corto, entorno a los 75-80 días, presentando un ciclo próximo al testigo Anjou 290. Sin embargo, el contenido en materia orgánica y la digestibilidad *in vitro* no presentan valores superiores a la media de híbridos y testigos. Para estos dos caracteres destacan los híbridos F2S2, que aunque no presentan rendimientos tan elevados, su contenido en materia orgánica está entre 96,6%-97,0% y una digestibilidad que oscila entre el 70% y el 72%. Estos híbridos F2S2 son de ciclo vegetativo largo, próximo a testigos como Dukla o Maverick y ninguno de estos híbridos presentó problemas de encamado.

Tabla 2. Medias de los caracteres agronómicos y de rendimiento forrajero de testigos e híbridos de maíz forrajero mayor rendimiento (t/ha)

| Híbridos*/ TESTIGOS | VTE | DFEM | ENC | MSPE | REND | MO | DMO |
|---------------------|------------|-------------|------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| EC22xEC49A | 3,8 | 76,2 | 0,2 | 40,6 | 1899,1 | 95,7 | 62,8 |
| 954-62 F2S3 | 2,7 | 77,5 | 0,0 | 36,4 | 1869,9 | 95,5 | 66,4 |
| PorriñoxEC49A | 4,3 | 79,3 | 0,5 | 31,4 | 1843,5 | 95,6 | 68,4 |
| PontearasxEC49A | 4,3 | 76,3 | 0,5 | 32,6 | 1802,4 | 95,6 | 67,2 |
| 957-74 F2S3 | 3,2 | 75,5 | 0,2 | 40,3 | 1796,7 | 95,5 | 67,9 |
| EC323AxEC49A | 3,0 | 78,0 | 0,0 | 33,6 | 1771,5 | 95,5 | 64,4 |
| EC179DxEC49A | 3,8 | 76,2 | 0,2 | 37,5 | 1664,4 | 95,5 | 66,0 |
| 967-126 F2S3 | 2,8 | 76,8 | 0,0 | 35,3 | 1589,2 | 96,1 | 66,7 |
| 950-26 F2S3 | 3,5 | 78,3 | 0,0 | 35,9 | 1536,5 | 96,2 | 68,5 |
| EC133AxEC49A | 2,8 | 80,5 | 0,1 | 32,5 | 1532,6 | 95,5 | 66,0 |
| ForcareixEC49A | 3,8 | 73,0 | 0,3 | 38,4 | 1477,4 | 96,9 | 68,5 |
| 954 F2S2 | 3,5 | 92,0 | 0,0 | 29,7 | 1406,8 | 96,8 | 68,4 |
| 957 F2S2 | 3,5 | 90,5 | 0,0 | 28,9 | 1388,9 | 97,0 | 72,1 |
| 950 F2S2 | 4,0 | 90,5 | 0,0 | 28,3 | 1329,0 | 96,7 | 71,1 |
| 965 F2S2 | 3,5 | 91,0 | 0,0 | 29,8 | 1284,9 | 96,7 | 70,2 |
| 980 F2S2 | 3,5 | 90,5 | 0,0 | 28,1 | 1274,4 | 96,6 | 71,8 |
| 967 F2S2 | 2,5 | 91,0 | 0,0 | 29,3 | 1267,1 | 97,0 | 70,1 |
| 971 F2S2 | 3,0 | 91,5 | 0,0 | 27,6 | 1253,5 | 96,6 | 70,7 |
| 958 F2S2 | 3,0 | 91,0 | 0,0 | 28,2 | 1199,2 | 96,5 | 71,8 |
| 955 F2S2 | 4,0 | 91,0 | 0,0 | 30,6 | 1138,7 | 96,6 | 70,4 |
| ANJOU 290 | 3,4 | 77,6 | 0,1 | 38,9 | 1530,3 | 96,6 | 70,6 |
| DUKLA | 4,0 | 91,5 | 0,0 | 33,0 | 1304,9 | 96,6 | 69,5 |
| FURIO | 2,0 | 91,5 | 0,5 | 29,7 | 917,2 | 96,5 | 69,4 |
| LG3303 | 4,0 | 89,5 | 0,0 | 34,3 | 965,9 | 96,9 | 71,3 |
| MAVERICK | 3,0 | 92,5 | 0,0 | 27,7 | 990,0 | 96,9 | 70,3 |
| NK THERMO | 2,8 | 80,0 | 0,1 | 39,8 | 1552,1 | 96,7 | 69,6 |
| PISUERGA | 2,5 | 91,0 | 0,0 | 31,2 | 608,5 | 96,7 | 71,0 |

*Híbridos F2S2 y F2S3 proceden del cruce (EC151xEC136)xEC214; VTE: vigor temprano; DFEM: floración femenina (días); ENC: encamado; MSPE: materia seca de la planta entera (%); REND: rendimiento forrajero de planta entera (t/ha); MO: contenido en materia orgánica (%); DMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

De los híbridos estudiados, 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2 presentaron buenas características agronómicas, rendimiento forrajero y calidad del mismo. Los híbridos procedentes del cruce con ecotipos gallegos parten con mejores características de adaptación, con buen vigor y precocidad, que los procedentes del cruce entre líneas puras pero su calidad forrajera podría mejorarse para alcanzar una mejor palatabilidad del forraje.

Este estudio ha proporcionado un punto de partida para determinar qué híbridos son los que se podrían apuntar como buenos candidatos para su uso en cultivo extensivo en condiciones de cultivo

ecológico. Así, partiendo de esta base debe ampliarse este estudio para evaluar en más ambientes y para más caracteres determinantes de la calidad nutritiva del forraje.

CONCLUSIONES

Los híbridos más productivos en forraje se corresponden con aquellos con un ciclo vegetativo más corto y buen vigor temprano, sin embargo, estos híbridos no destacan en cuanto a calidad forrajera, puesto que los valores de contenido en materia orgánica y digestibilidad no superan a la media obtenida para dichos caracteres. Por el contrario, los híbridos que destacan en calidad forrajera se corresponden con híbridos de ciclo vegetativo mucho mayor y rendimientos más próximos al rendimiento medio.

Buscando un equilibrio entre rendimiento y calidad se podrían destacar los híbridos 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2, que podrían ser buenos candidatos para su utilización de forma intensiva por parte del sector ganadero ecológico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación recibida por la Xunta de Galicia, proyecto FEADER2008/25, y la colaboración recibida por parte de Calfensa Proyectos S.L. y del Consello Regulador da Agricultura Ecolóxica de Galicia (CRAEGA). Asimismo, agradecen la ayuda recibida por parte del personal del Grupo de Maíces y del personal laboral del CIAM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGILLIER, O.; BARRIÈRE, Y.; DARDENNE, P.; EMILE, J.C.; HÉBERT, Y., 1998. Genotypic variability for in vitro criteria and relationships with in vitro digestibility in forage maize hybrids. *Plant Breeding*, **117**, 437-441.
- ARGILLIER, O.; MÈCHIN, V.; BARRIÈRE, Y., 2000. Inbred lines evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Science*, **40**, 1596-1600.
- CAMPO, L., 1999. Efecto de la competencia de plantas en el rendimiento, caracteres agronómicos y estimación de parámetros genéticos en el maíz (*Zea mays* L.). Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo (España).
- CAMPO, L.; MORENO, J., 2003. Evaluación del rendimiento, digestibilidad y otros caracteres de maíz forrajero en diferentes fechas de recolección. En: *Pastos, desarrollo y conservación*. ROBLES *et al.* (Eds.) Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Granada (España), 277-283.
- CAMPO, L.; MORENO, J., 2005. Estudio del efecto de la fecha de recolección en la calidad nutritiva y rendimiento del maíz forrajero (*Zea mays* L.). En: *Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural*. OSORO *et al.* (Eds.) Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Gijón (España), **Vol (I)**, 641-648.
- COX, W.J.; CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R.; PARDEE, W.D. 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agronomy Journal*, **86**, 277-282.
- LEWIS, A.L.; COX, W.J.; CHERNEY, J.H., 2004. Hybrid, maturity and cutting height interactions on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, **96**, 267-274.
- MAPA, 2009a. *Anuario de Estadística*. Edita Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid (España).
- MAPA, 2009b. *Estadísticas 2008. Agricultura Ecológica*. www.marm.es/alimentacion.htm.

MORENO, J., 1982. El maíz forrajero: una opción en las explotaciones ganaderas. *Pastos*, **XXII(1)**, 157-170.

SAS INSTITUTE, 2000. SAS/Stat User's Guide, v.8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC (EEUU).

**PRELIMINARY STUDY OF YIELD AND NUTRITIONAL VALUE OF FORAGE MAIZE
HYBRIDS UNDER ORGANIC CROP CONDITIONS**

SUMMARY

The demand of forage for animal feed is behind the annual increase of the use of forage maize hybrids. Due to its high energetic content, dry matter production and vegetative short cycle, cattle farms predominantly grow forage maize for silage. Provided that nowadays maize crops occupy an important part of the cultivated area, it is important to obtain commercial hybrids adapted to new productive systems, such as organic ones. The transformation of traditional cattle farms towards organic systems requires well-adapted commercial maize hybrids. The aim of this work was to evaluate the forage quality and yield of 48 maize hybrids derived from CIAM's breeding programmes, when cultivated under organic crop conditions. Thirteen of the studied hybrids have showed higher forage yield than controls, hybrids 85040xEC49A, 957-74 F2S3, 957 F2S3, 950 F2S2 y 980 F2S2 have showed a higher forage yield plus a good forage quality.

Key words: maize, forage yield, organic system