

EMPLEO DE UNIDADES TERMICAS Y CAPA NEGRA EN LA CLASIFICACION DE HIBRIDOS DE MAIZ PARA GALICIA

por

A. ORDAS

SUMMARY

HEAT UNITS AND BLACK LAYER IN THE CLASSIFICATION OF CORN HYBRIDS FOR GALICIA

Sixteen corn (*Zea mays* L.) hybrids were grown at the Misión Biológica de Galicia (Pontevedra, Spain) in 1974 and 1975 with two objectives. First, to study the improvement in precision to be obtained when heat units are substituted for calendar days in the prediction of dates of flowering and maturity. Second, to study the possibilities of black layer for classifying hybrid maturity.

The mean day number between planting and flowering was approximately the same in both years; the heat unit number was very different, though. For this period the coefficients of variation (CV) of accumulated heat units were somewhat bigger than the CV's of calendar days. The length of the period flowering-maturity (black layer formation) and the kernel moisture content at black layer maturity were not equal in both years. The maximum values of kernel moisture at black layer maturity were 37.5% in 1974 and 35.8% in 1975.

It is concluded that in the Galicia environment neither heat units are better than calendar days for predicting flowering or maturity dates nor the black layer is an useful trait for classifying hybrid maturity.

En el proceso de obtención de nuevas variedades de maíz (*Zea mays* L.) el mejorador debe resolver el problema de la determinación de la precocidad o maduración relativa de las variedades obtenidas. En general, se pueden considerar dos clases de maduración: la fisiológica, que es aquel estado de la planta en el que la acumulación de materia seca en el grano ha alcanzado su máximo, y la práctica o agronómica, definida por el contenido en humedad del grano.

El momento en el que la planta alcanza su maduración fisiológica puede ser fácilmente determinado debido a la estrecha correlación existente entre la formación de una capa negra en la base del grano y el máximo contenido en materia seca del mismo (5). Por otra parte, la cantidad de agua en el grano es la característica que va a permitir retirar la cosecha del campo antes o después y debe ser, en consecuencia, un factor básico para la clasificación de las distintas variedades en cuanto a su maduración relativa se refiere.

Recientemente se ha dedicado un considerable esfuerzo por parte de diversos investigadores al estudio de la sustitución del número de días naturales transcurridos entre los diversos estados de la planta (siembra, floración, maduración) por la suma de las unidades térmicas acumuladas entre dichos estados, bien para obtener una mejora en la predicción de la fecha de floración o maduración (3, 6), bien para clasificar híbridos de acuerdo a su maduración relativa (7, 11, 12).

Este trabajo tiene dos objetivos. El primero es investigar la mejora de precisión que se obtendría en las predicciones de las fechas de floración y maduración empleando unidades térmicas en lugar de días naturales. El segundo objetivo es estudiar las posibilidades de empleo de la capa negra para determinar la maduración relativa. Ambos objetivos se refieren a híbridos de maíz cultivados bajo las condiciones ambientales de Galicia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dieciséis híbridos comerciales de maíz, cubriendo un amplio espectro de ciclos diferentes de maduración, fueron cultivados durante los años 1974 y 1975 en las parcelas experimentales de la Misión Biológica de Galicia (Pontevedra) para este estudio. El diseño empleado fue el de bloques al azar con dos repeticiones. La parcela elemental constó de 22 golpes en 1974 y de 14 golpes en 1975 repartidos, en ambos casos, en dos surcos. El marco de siembra fue de 0,80 × 0,80 m. En cada golpe se sembraron cinco granos. Posteriormente, cuando las plantas tenían de cuatro a cinco hojas, se realizó un aclareo dejando tres plantas por golpe, obteniéndose así una densidad de aproximadamente 47.000 plantas/ha. Las fechas de siembra fueron 7-5-74 y 14-5-75.

La fertilización (orgánica y mineral) de las parcelas fue la normal para alta producción. Las prácticas culturales aplicadas durante el cultivo fueron las que en el Centro se aplican normalmente a las parcelas experimentales.

En ambos años, durante la floración se observaron las parcelas diariamente. Se consideró que una parcela había alcanzado la floración cuando al menos el cincuenta por ciento de las plantas tenían los estigmas visibles. Se consideró que una parcela había alcanzado la maduración cuando al menos el cincuenta por ciento de las plantas presentaba bien visible la capa negra (5) en los granos del centro de la espiga. En ese momento se recogía una muestra al azar de grano de cinco espigas de la parcela para la determinación de la humedad a la capa negra. Esta humedad fue determinada secando la muestra de grano en estufa a 80° C durante una semana. En 1975, además, después de que todas las parcelas habían alcanzado la capa negra, se recogió simultáneamente una muestra al azar de grano de cada una de las parcelas para la determinación de la humedad en recolección. Esta determinación fue hecha de una forma similar a la de la humedad a la capa negra.

A partir de los datos diarios de temperatura máxima y mínima, proporcionados por la Estación Meteorológica núm. 485 del Servicio Meteorológico Nacional (situada dentro de los límites de la finca expe-

rimental del Centro), se calculó el número de unidades térmicas (UT) diarias de acuerdo con la fórmula:

$$UT/día = [(T_{max} + T_{min})/2] - 10.$$

Los límites mínimo y máximo de temperatura se establecieron a 10° y 30° C. Es decir, temperaturas inferiores a 10° C o superiores a 30° C fueron consideradas como 10 y 30° C respectivamente.

Se llevó a cabo un análisis de varianza combinado sobre años para los caracteres número de días transcurridos y suma de unidades térmicas acumuladas durante los periodos siembra-floración, floración-maduración y siembra-maduración, así como porcentaje de humedad a la capa negra, siguiendo el análisis básico que se presenta en la tabla I.

T A B L A I

Análisis de varianza básico combinado sobre años

Origen de la variación	g. l.	Cuadrados medios esperados
Años.....	1	$\sigma^2 + 2\sigma^2_{HA} + 16\sigma^2_{R(A)} + 32\sigma^2_A$
Repeticiones en años.....	2	$\sigma^2 + 16\sigma^2_{R(A)}$
Híbridos.....	15	$\sigma^2 + 2\sigma^2_{HA} + 4\sigma^2_H$
Híbridos \times años.....	15	$\sigma^2 + 2\sigma^2_{HA}$
Error.....	30	σ^2
Total.....	63	

Años, repeticiones e híbridos fueron considerados factores al azar.

La prueba de significación de la variabilidad debida a años fue hecha siguiendo la aproximación de Satterthwaite (8) cuando ello fue necesario, es decir cuando hubo simultáneamente un efecto significativo debido a repeticiones y a la interacción híbridos \times años.

Antes de reunir los análisis de varianza individuales de cada año en el análisis combinado, se llevó a cabo una prueba de homogeneidad de la varianza del error residual (tabla II) siguiendo el método de Bartlett como exponen Steel y Torrie (10).

Al haber heterogeneidad para unidades térmicas entre siembra y maduración, los niveles de significación que para este carácter se obtuvieron posteriormente en el análisis de resultados deben ser contemplados con cierta cautela.

TABLA II

Resultados de la prueba de Barlett para la homogeneidad de las varianzas del error entre años

Carácter	Nivel de probabilidad
Siembra — floración (días).....	0,10 — 0,25
Floración — maduración (días).....	0,50 — 0,75
Siembra — maduración (días).....	0,25 — 0,50
Siembra — floración (UT).....	0,10 — 0,25
Floración — maduración (UT).....	0,75 — 0,90
Siembra — maduración (UT).....	0,025 — 0,050
Humedad a la capa negra (%).	0,25 — 0,50

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla III se presentan las medias en 1974 y 1975 del número de días transcurridos y de las unidades térmicas acumuladas por los dieciséis híbridos entre la siembra y la floración, entre la floración y la maduración y, finalmente, entre la siembra y la maduración. Los correspondientes análisis de varianza combinados sobre años se exponen en la tabla IV.

El número medio de días transcurridos entre la siembra y la maduración así como el número de unidades térmicas acumuladas durante dicho período disminuyeron de una forma altamente significativa ($P = 0,01$) en 1975 con relación a 1974. Sin embargo al analizar este período dividiéndolo en dos subperíodos (siembra-floración y floración-maduración) se obtuvieron resultados diferentes. El número medio de días entre la siembra y la floración fue aproximadamente el mismo en los dos años. Hubo una pequeña diferencia (menor de un día), lo que, debido a la escasa cuantía del error residual, se tradujo en una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,05$). Se debe señalar que el valor del estadígrafo F que se obtuvo fue igual a 4,49, muy poco mayor que el valor requerido para significación (4,17). El número de unidades térmicas acumuladas durante el mismo período disminuyó, en cambio, de una forma altamente significativa ($P = 0,01$) de 1974 a 1975. Durante el período floración-maduración los hechos ocurrieron en sentido inverso. El número de unidades térmicas acumuladas disminuyó en 1975 de una forma significativa ($P = 0,05$), en tanto que el número de días lo hizo de una forma altamente significativa ($P = 0,01$). Parece, pues, que la temperatura no es un factor excesivamente importante en la determinación de la fecha de floración. Es, sin embargo, más importante para determinar el momento de la maduración fisiológica.

Estos resultados están en contradicción parcial con los obtenidos por Bonaparte (2), quien concluyó que el aumento de temperatura disminuye el número de días entre siembra y antesis. Hay que señalar que en nuestro trabajo la correlación entre antesis y floración femenina fue

TABLA III

Medias del número de días transcurridos y de las unidades térmicas (UT) acumulados por 16 híbridos durante tres periodos en dos años.

Híbrido	P E R I O D O											
	Siembra - floración				Floración - maduración				Siembra - maduración			
	Días		UT		Días		UT		Días		UT	
	1974	1975	1974	1975	1974	1975	1974	1975	1974	1975	1974	1975
D. M. B. 5-8	77	79	590	595	83	64	593	519	159	142	1.190	1.114
D. M. B. 7-14	80	81	632	617	86	66	581	533	166	147	1.212	1.151
D. M. B. 11-4	85	86	683	656	89	78	555	584	173	164	1.238	1.240
INIA-302	82	82	659	622	82	66	546	529	164	147	1.205	1.150
INIA-684	84	84	674	642	79	64	528	512	163	148	1.202	1.151
INIA-801	90	92	722	715	83	71	512	518	172	163	1.233	1.231
INIA-832	90	93	726	725	83	79	509	556	173	171	1.235	1.281
INIA-8301	77	76	596	567	84	58	599	482	161	133	1.196	1.041
Dekalb 238	78	79	614	601	83	66	582	537	161	145	1.196	1.131
Dekalb 441	82	84	659	642	86	74	561	557	168	158	1.221	1.191
Dekalb XL-342	81	82	650	626	92	77	588	576	173	159	1.238	1.201
Pioneer 383	79	78	626	588	79	63	500	511	158	140	1.186	1.091
Pioneer 3618	81	81	650	617	87	66	571	530	168	147	1.221	1.141
Funk's G-17A	77	77	596	583	83	65	595	531	160	142	1.192	1.111
AD-64	83	84	664	643	80	65	536	516	162	149	1.201	1.151
AD-73	84	83	678	634	85	70	545	541	169	153	1.223	1.171
Media	82	82	652	629	84	68	560	533	165	150	1.212	1.161
C. V., %	1,3	2,0	1,7	2,4	2,5	2,7	2,4	2,6	0,9	1,3	0,4	0,8
D. S. M. (5 %)	2	3	23	32	4	4	29	30	3	4	12	2

de 0,97 en 1974 y de 0,96 en 1975, con lo que nuestros resultados, si bien se refieren a datos de floración femenina, se pueden comparar con los de Bonaparte (2).

Mederski y colab. (6) encontraron que los coeficientes de variación del número de unidades térmicas acumuladas durante los periodos siembra-floración y siembra-formación de la capa negra eran mucho menores que los coeficientes correspondientes al número de días naturales para los mismos periodos. Los resultados de nuestro trabajo muestran concordancia con los anteriormente citados (6) para el periodo siembra-maduración, pero no para el periodo siembra-floración. En los dos años para este último periodo, los coeficientes de variación del número de unidades térmicas acumuladas fueron algo mayores que los coeficientes correspondientes al número de días naturales transcurridos. En con-

secuencia, no se puede afirmar de una manera general, al menos bajo las condiciones de nuestro experimento, que la precisión de las mediciones aumente al sustituir el número de días naturales transcurridos entre dos estados de la planta por la suma de las unidades térmicas acumuladas durante el mismo período.

TABLA IV

Análisis de varianza del número de días transcurridos y de las unidades térmicas (UT) a las por 16 híbridos durante tres períodos

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios					
		Siembra-floración		Floración-maduración		Siembra-madura	
		Días	UT	Días	UT	Días	UT
Años (A)	1	8,26*	7.887,66**	4.016,39**	11.502,56*	3.660,25**	38.4
Repeticiones/años	2	4,08	341,96	16,70*	726,38**	4,29	
Híbridos (H)	15	77,12**	6.798,68**	73,27*	1.372,84	224,96**	5.5
A × H	15	1,50	177,74	25,46**	1.628,50**	33,65**	1.8
Error	30	1,84	167,87	3,90	187,13	3,08	

* y ** indican significación estadística al 5 y 1 % respectivamente.

Shaw y Thom (9) indicaron que el período floración-maduración es bastante constante y que, por consiguiente, durante la floración se puede predecir la fecha de maduración. De acuerdo a nuestros resultados esta conclusión no puede mantenerse bajo nuestras condiciones. Dicho período es altamente variable de un año a otro, tanto midiendo su duración en días naturales como en suma de unidades térmicas acumuladas, según puede deducirse del análisis de las tablas III y IV. Si la media de un año es significativamente diferente de la media de otro año, tal como ocurre en este caso, no podremos saber en el momento de la floración cuál será la fecha de maduración. Por otra parte, al existir una interacción años × híbridos altamente significativa, puede ocurrir que un híbrido que ha tenido un período floración-maduración menor que otro híbrido en un año determinado, al año siguiente, en cambio, lo tenga mayor.

Por todo lo anterior podemos afirmar que, desde el punto de vista de la predicción de la fecha de floración, no supone ninguna ventaja el empleo de la suma de unidades térmicas acumuladas sobre el número de días transcurridos. Otros factores distintos a temperatura (probablemente luminosidad entre ellos de un modo primordial) condicionan la fecha de floración. En nuestro experimento no se midió la cantidad de luz recibida por las plantas. Ahora bien, al haber sido efectuada la

siembra en los dos años en fechas muy cercanas parece lógico suponer que esa cantidad de luz, no fue muy diferente de un año a otro.

TABLA V

Medias del porcentaje de humedad a la maduración (dos años) y en la recolección (un año) de 16 híbridos

Híbrido	Porcentaje de humedad		
	Maduración		Recolección
	1974	1975	1975
D.M.B. 5 — 8	28,4	33,4	29,0
D.M.B. 7 — 14.....	30,6	30,2	30,2
D.M.B. 11 — 4.....	33,8	32,6	32,9
INIA — 302.....	34,8	34,5	34,0
INIA — 684.....	32,2	31,1	28,9
INIA — 801.....	34,8	33,1	32,0
INIA — 832.....	36,6	32,3	33,0
INIA — 8301.....	31,7	31,9	29,3
Dekalb 238.....	31,0	33,6	29,0
Dekalb 441	37,3	34,7	34,4
Dekalb XL — 342.....	32,8	32,2	34,3
Pioneer 383.....	31,2	33,4	25,5
Pioneer 3618.....	34,4	35,6	30,3
Funk's G — 17 A.....	27,9	34,6	27,2
AD — 64.....	33,7	35,4	33,1
AD — 73.....	33,5	32,8	33,5
Media.....	32,7	33,2	31,0
C.V., %.....	3,0	2,5	5,4
D.S.M. (5 %) ¹	2,1	1,7	3,6

En la tabla V se presentan los porcentajes de humedad en el momento de la maduración en los dos años así como en la recolección de 1975. Los valores individuales extremos del porcentaje de humedad a la maduración fueron 27,7 y 37,5 en 1974 y 29,8 y 35,8 en 1975. El análisis de varianza combinado sobre años del porcentaje de humedad a la maduración se presenta en la tabla VI.

Un método de clasificación de híbridos por su maduración relativa debe ser tal que nos permita asegurar todos los años, independientemente de los avatares climatológicos, la posición relativa de los distintos híbridos entre sí. Dicho en otras palabras, si el híbrido A es «más precoz» que el B, debe «madurar antes» todos los años. Ahora bien, existen numerosos criterios para definir la precocidad o maduración relativa. Entre los más usados figuran el número de días desde la siembra o

emergencia hasta la floración (masculina o femenina), el contenido en humedad del grano en el momento de la recolección y, finalmente, el número de días transcurridos o de unidades térmicas acumuladas desde la siembra hasta la formación de la capa negra en la base del grano. El primero de los métodos citados, si bien altamente correlacionado con

T A B L A V I

Análisis de varianza del porcentaje de humedad a la maduración de 16 híbridos

Origen de la variación	g. l.	Cuadrados medios
Años (A).....	1	4,62
Repeticiones/años.....	2	0,51
Híbridos (H).....	15	10,08
A × H.....	30	6,64 **
Error.....	30	0,83

** indica significación estadística al 1%.

los otros dos (tabla VII) no es, propiamente hablando, una medida de maduración. El tercer método presenta dos graves inconvenientes que, a nuestro entender, lo invalidan completamente. En primer lugar, existe una interacción altamente significativa de años con híbridos (tabla IV) para el período siembra-maduración (formación de la capa negra), tanto si la duración de dicho período es medida en días naturales como en suma de unidades térmicas acumuladas. Es decir, usando este criterio no podemos asegurar que la clasificación de un año sea válida para el siguiente. Este inconveniente ya fue citado por Baker (1). El segundo inconveniente es el de la no constancia del contenido en humedad del grano en el momento de la formación de la capa negra (tabla VI). La única fuente de variación es, precisamente, la interacción años × híbridos. Dicho en otras palabras, la proporción de agua en el grano en el momento de la formación de la capa negra depende únicamente de la especial combinación de un híbrido determinado con unas condiciones climatológicas determinadas.

Ya Daynard (4) había indicado que existen importantes problemas para el uso a escala general de la capa negra para caracterizar la precocidad relativa de diversos híbridos, citando precisamente como uno de dichos problemas la variación del contenido en humedad del grano en el momento de la formación de la capa negra. Este mismo autor indicó que el contenido en humedad del grano, más que la máxima cantidad de peso de grano seco, es, normalmente, la principal consideración para determinar la época adecuada de recolección. Estas consideraciones, válidas para la recolección con cosechadora debido a las elevadas pérdidas que se sufren si el maíz está excesivamente húmedo, sirven también para una región como Galicia, en la que la totalidad del maíz es cosechado manualmente. En los lluviosos otoños gallegos es

imprescindible una cantidad de agua en el grano lo más baja posible en el momento de la recolección para permitir el almacenamiento de las espigas con las máximas garantías de éxito. En consecuencia, es dudosa la utilidad de una característica tal como la fecha de aparición de la capa negra, característica que nos marca el punto de maduración fisiológica, pero que no está ligada en absoluto al contenido en humedad del grano, es decir a la maduración práctica.

TABLA VII

Coefficientes de correlación simple (r) entre diversas características de 16 híbridos en dos años

	2	3	4	5	6	7	8
1	-0,07	+0,72** +0,88**	+0,99** +1,00**	-0,91** +0,27	+0,70** +0,89**	+0,65** -0,06	- +0,56**
2	+0,64**	+0,65** +0,93**	-0,04 +0,63**	+0,45** +0,89**	+0,66** +0,91**	+0,11 -0,10	- +0,52**
3			+0,73** +0,87**	-0,37* +0,69**	+1,00** +0,99**	+0,58** -0,09	- +0,59**
4				-0,91** +0,26	+0,72** +0,89**	+0,69** -0,06	- +0,54**
5					-0,36* +0,68**	-0,58** -0,06	- +0,38*
6						+0,57** -0,08	- +0,59**
7							- +0,19

* y ** indican significación estadística al 5 y 1% respectivamente. En todos los casos, el número superior indica el valor de r en 1974 y el número inferior el valor de r en 1975.

- 1: Siembra-floración (días).
- 2: Floración-maduración (días).
- 3: Siembra-maduración (días).
- 4: Siembra-floración (unidades térmicas).
- 5: Floración-maduración (unidades térmicas).
- 6: Siembra-maduración (unidades térmicas).
- 7: Porcentaje de humedad a la maduración.
- 8: Porcentaje de humedad en la recolección.

Hay que señalar, además, la falta de correlación entre los porcentajes de humedad a la maduración y en la recolección y, como ya indicó Baker (1), la excesiva humedad del grano en el momento de la madurez fisiológica.

En resumen, hay que concluir que, bajo las condiciones ambientales de Galicia, no supone ninguna ventaja la sustitución del número de

días naturales por la suma de unidades térmicas acumuladas con vistas a una mejor predicción de las fechas de floración y maduración. Por otra parte, la aparición de la capa negra no es una característica útil en dicho medio para la determinación, a efectos prácticos, de la maduración relativa de distintos híbridos.

RESUMEN

Dieciséis híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) fueron cultivados en la Misión Biológica de Galicia (Pontevedra) en 1974 y 1975 para estudiar la mejora de precisión que se obtendría en las predicciones de las fechas de floración y maduración con el empleo de unidades térmicas en sustitución de los días naturales. Un segundo objetivo fue estudiar la posibilidad de empleo de la capa negra para clasificar híbridos por su precocidad relativa.

El número medio de días entre la siembra y la floración fue aproximadamente el mismo en los dos años; el número de unidades térmicas, en cambio, fue muy diferente. Durante este período, los coeficientes de variación del número de unidades térmicas acumuladas fueron algo mayores que los correspondientes al número de días transcurridos. La duración del período floración-maduración (formación de la capa negra), así como el contenido en humedad del grano en el momento de la formación de dicha capa, no fueron constantes de un año a otro. Los valores máximos del último carácter fueron 37,5 por 100 en 1974 y 85,8 por 100 en 1975.

Se concluye que, bajo las condiciones ambientales de Galicia, no supone ninguna ventaja el empleo de unidades térmicas para predecir las fechas de floración o maduración ni la capa negra resulta una característica útil para clasificar híbridos por precocidades relativas.

Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BAKER, R. F. (1970). Relative maturity rating of corn by growing degree days. Proc. Annu. Corn Sorghum Res. Conf., 25, 154-160.
- (2) BONAPARTE, E. E. N. A. (1975). The effects of temperature, daylength, soil fertility and soil moisture on leaf number and duration to tassel emergence in *Zea mays* L. Ann. Bot., 39, 853-861.
- (3) CROSS, H. Z. y ZUBER, M. S. (1972). Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. Agron. J., 64, 351-355.
- (4) DAYNARD, T. B. (1972). Relationships among black layer formation, grain moisture percentage, and heat unit accumulation in corn. Agron. J., 64, 716-719.
- (5) DAYNARD, T. B. y DUNCAN, W. G. (1969). The black layer and grain maturity in corn. Crop Sci., 9, 478-476.
- (6) MEDERSKI, H. J., MILLER, M. E. y WEAVER, C. R. (1973). Accumulated heat units for classifying corn hybrid maturity. Agron. J., 65, 743-747.
- (7) PRINE, G. M., GUILARTE, T. C. y DUNCAN, W. G. (1975). Corn maturity dates for different Florida locations and planting dates based on growing degree days. Plant Breeding Abstr., 46, 7961.
- (8) SATTERTHWAITTE, F. E. (1946). An approximate distribution of estimates of variance components. Biom. Bull., 2, 110-114.
- (9) SHAW, R. H. y THOM, H. C. S. (1951). On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron. J., 9, 541-546.
- (10) STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H. (1960). Principles and procedures of statistics. Mc Graw-Hill Book Company, Inc., Nueva York.
- (11) SUTTON, L. M. y STUCKER, R. E. (1974). Growing degree days to black layer compared to Minnesota relative maturity rating of corn hybrids. Crop Sci., 14, 408-412.
- (12) WEAVER, C. R. y MEDERSKI, H. J. (1976). Corn hybrid selection keyed to seasonal temperatures. Plant Breeding Abstr., 46, 10036.