

CRECIMIENTO Y MATERIA SECA EN MAIZ (*ZEAMAYS* L.)

por

BENITO SANCHEZ y GERARDO DIOS

SUMMARY

GROWTH AND DRY MATTER IN MAIZE (*ZEAMAYS* L.)

This paper studies the variation in dry matter accumulation, moisture content, plant height, and leaves length in maize. Two hybrids were grown at one location in the «Rías Bajas» (Galicia) environment on a high fertility soil. Samples were taken every week during the first three months and every other week afterwards.

The evolution along time of the four variables was similar for both hybrids although they differ in growing season and yield potential.

Dry matter accumulation curves along time were of sigmoid type. However, dry matter accumulation along time was linear during the phase of maximum increase rate with mean dry matter productions per day and plant of 5.2 ± 0.8 g and 7.6 ± 0.7 g for each hybrid respectively ($r_A = 0.991$; $r_B = 0.997$). The ratio «kernel dry matter/rest-of-the-plant dry matter» was 0.63 for both hybrids in the last sampling. Thus dry matter distribution seemed to be unaffected by the genetic background of the experimental material.

Both hybrids lost water gradually, although not linearly, from emergence to maturity. Moisture content was lower in the upper parts of the plants, and it was higher in the stalks than in the adjacent leaves. The hybrids used in this study were of a type that maintains a high moisture percentage in the stalks at maturity.

Es sabida la gran influencia de los factores que determinan las condiciones del medio en que se desarrollan las plantas cultivadas sobre su crecimiento, y el maíz (*Zea mays*, L.) es una de las especies que acusar con claridad las variaciones de los factores ambientales. Además, los genetistas han logrado en ella, y siguen logrando, grandes éxitos en relación al incremento de su poder de síntesis.

Uno de los factores determinantes de la productividad de las plantas es la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Las cantidades necesarias para mantener la capacidad productiva de un cultivo, sin otras limitaciones edáficas o climáticas, vendrán determinadas, en gran medida, por su potencial de productividad y dependerán de las proporciones en que

se encuentre cada nutriente en los materiales sintetizados. Datos que se deberán obtener del análisis y ponderación de las plantas maduras.

En el caso del maíz, por otra parte, cabe la posibilidad de que su siembra se oriente en dos sentidos: *a*) para la producción de grano, lo que supone el desarrollo íntegro de las plantas hasta la maduración de las mazorcas, y *b*) para la producción de forraje, en cuyo caso no se espera a la maduración del grano y se recoge la planta completa en alguna de las etapas anteriores del desarrollo. En este caso aumenta el interés en conocer la evolución de la síntesis orgánica a lo largo del cultivo y las variaciones que en ella y en la composición mineral de las plantas se puedan producir.

El estudio de la síntesis orgánica del maíz y de la composición mineral de su materia seca ha sido abordado en variados aspectos. En relación a la evolución de la síntesis de materia seca y de la absorción de nutrientes a lo largo del desarrollo, Sayre (14) estudia dicha evolución analizando el crecimiento de un híbrido de maíz cada tres días y su composición, trabajo que es utilizado en algunas de las monografías sobre el tema, como la de Nelson (10). La influencia del abonado nitrogenado es abordada por Hanway (5), con siete recogidas a lo largo del ciclo vegetativo, y por Jordan y otros (9) que hacen menos muestreos pero incluyen en el estudio el efecto de la densidad de siembra. En otros casos se abordan otros aspectos, como el efecto de las disponibilidades de agua, en muestreo semanal (8), o de la temperatura (11). La influencia de los factores genéticos en el comportamiento del maíz atrae la atención entre otros de Eijnatten (3) que estudia dos variedades y de Hanway y Russell (7), que llegan a estudiar en dos años 11 híbridos, algunos en dos densidades, haciendo nueve tomas a lo largo del cultivo.

Nos ha llamado la atención en esos trabajos y en otros estudiados una notable falta de atención en relación a un nutriente fundamental como lo es el azufre y el que los datos de humedad no sean claramente señalados en la mayor parte de ellos. Además, las producciones que se dan para el cultivo extensivo son, por lo regular, más bajas que las logradas en nuestras experiencias aunque esto se deba en ocasiones a las bajas densidades de plantación utilizadas.

Al depender la absorción y consumo de nutrientes de la síntesis de materia seca alcanzada, hemos creído conveniente estudiar las variaciones de la síntesis orgánica y de la composición mineral con el crecimiento en maíces cultivados en las condiciones ambientales de Galicia, en un suelo fértil, con adecuada aportación de fertilizantes. Se han empleado dos maíces de ciclos vegetativos y capacidades productivas diferentes, de los llamados «de tallo azucarado» (2).

Se exponen en este trabajo los datos correspondientes a las variaciones en el contenido en agua de las plantas y las de la materia seca sintetizada a lo largo de su desarrollo, así como otros aspectos del crecimiento, como la altura. Si bien se presentan los datos por planta, se

estudian asimismo los diversos componentes y aún las variaciones debidas a la posición en la planta.

DATOS EXPERIMENTALES

El cultivo se realizó en la parcela Huerta 2.^a de la Estación Experimental en el año 1972. El suelo es una tierra parda mesotrófica, bastante profunda, de buena fertilidad potencial, acidez moderada, buen nivel orgánico dentro de la zona, aceptable capacidad de retención de agua y textura franco-arenosa. Su ficha analítica acusa los datos siguientes: arena gruesa, 43,9 por 100; arena fina, 27,8 por 100; limo, 13,9 por 100; arcilla, 14,4 por 100; densidad aparente, 1,16 g. cm⁻³; porosidad total, 48,90 por 100; capacidad máxima para agua, 43,20 por 100; pH en H₂O, 5,75; pH en KCl, 4,90; materia orgánica, 7,12 por 100; nitrógeno total, 0,31 por 100; razón, C/N 13,4; fósforo utilizable, 25,5 ppm. de P₂O₅; fósforo adsorbido, 125,4 mg. de P₂O₅/100 g.; potasio utilizable, 10,1 mg. de K₂O/100 g.; calcio utilizable, 137,2 mg. de CaO/100 g.; magnesio utilizable, 3,9 mg. de MgO/100 g. de suelo; manganeso utilizable, 7 ppm.; hierro utilizable, 2 ppm.; aluminio utilizable, 19 ppm.; capacidad de cambio catiónico, 21,3 meq./100 g.; grado de saturación, 35,7 por 100. (Según las técnicas indicadas en otros trabajos (13).)

A la preparación del terreno se adicionaron las siguientes cantidades de fertilizantes por hectárea: estiércol, unas 20 Tm.; nitrógeno, 120 unidades, como nitramón cálcico; fósforo, 54 unidades de P₂O₅, como superfosfato; potasio, 75 unidades de K₂O, en forma de sulfato. Como complemento de la fertilización nitrogenada, el 31 de julio se añadieron 60 Kgs/Ha. de N₂, también como nitramón cálcico. Se trató el suelo con atrazina, pero la presencia de gran cantidad de *Cyperus sculentus*, var. *Aureus* hizo necesarias escardas.

En cuanto a las condiciones climáticas, la Misión Biológica de Galicia está situada en la zona de las Rías Bajas gallegas, prácticamente junto al mar y a su nivel, por lo que se caracteriza por un clima moderado, con sequía estival, aunque de temperaturas máximas no elevadas pero que permiten incluirlo entre los mediterráneos húmedos de Emberger. El verano de 1972 fue menos cálido de lo normal en épocas críticas del desarrollo, lo que afectó en particular al maíz B. En la figura 1 junto a otros datos se puede ver la curva acumulativa de la integral térmica y la evolución de las precipitaciones y su cuantía.

Los maíces fueron sembrados el día 5 de junio, en hileras a 80 centímetros con dos plantas cada 30 centímetros, para dejar una en la primera escarda. Para los cálculos se ha considerado que la densidad fue de 40.000 plantas/hectárea. Se emplearon dos híbridos comerciales propios del Centro, de ciclos vegetativos y productividad potencial bastante diferenciada, el D.M.B.G. 5-8 y el D.M.B.G. 11-4; al primero, semi-

precóz, le llamaremos maíz o *híbrido A* y al semitardío, maíz o *híbrido B*, en el texto.

La recogida de muestras para medidas y análisis se ha realizado a partir del día 21/6, habiendo sido los días 13/6 y 15/6 los de nascencia media de ambos híbridos. Se han realizado un total de 15 tomas de cada híbrido, inicialmente cada semana y quincenalmente las cuatro últimas. El estado de cultivo debido a las lluvias y fuertes vientos frustró una última recogida prevista para el maíz más tardío.

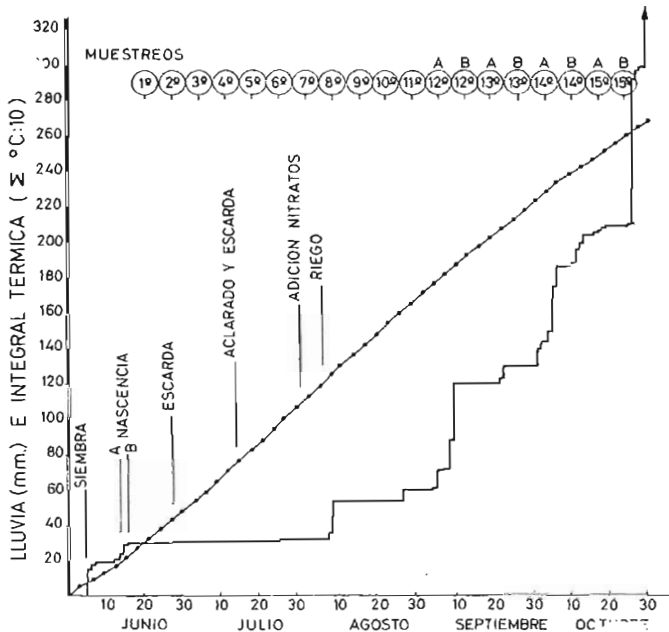


Fig. 1.—Curvas acumulativas de precipitación y temperaturas medias—integral térmica— durante el verano de 1973 y datos cronológicos de la experiencia.

En cada caso y de cada maíz se tomaron 10 plantas, cortadas al nivel del suelo, recogidas al azar dentro de la parcela experimental, condicionadas a que la densidad del cultivo alrededor fuese completa; en la primera recogida dado el pequeño tamaño de las plantas tal número fue mayor. El muestreo se realizó siempre a primeras horas de la mañana, y las muestras para la determinación de la humedad inmediatamente medidas en las estufas de desecación. Dado el planteamiento del estudio y la morfología del maíz, a medida que éste fue creciendo se fueron diferenciando diversos órganos y partes de las plantas. En las cuatro primeras recogidas, hasta el 12/7, se tomaron plantas completas. En las

últimas además de las 24 muestras en que se dividió la parte aérea se recogieron partes enterradas de los tallos, tocones, y raíces.

La humedad se determinó secando las muestras correspondientes en estufa con ventilación forzada a 105° C., hasta peso constante.

RESULTADOS

Altura de las plantas

Los datos de las alturas medias de las plantas en cada recogida se exponen en la tabla I. Las curvas de crecimiento con el tiempo, que se pueden ver en la figura 2 son de tipo sigmoidé, más acentuado en el caso del maíz A, y denotan la mayor precocidad de este.

Los datos obtenidos señalan que durante el primer mes, a contar desde la emergencia, las diferencias en alturas son mínimas, y las plantas de ambos híbridos tienen alrededor de los 40 centímetros de alto al cabo de dicho período de tiempo. Se inicia entonces una neta diferenciación en el desarrollo, que alcanza su mayor cuantía hacia finales del segundo mes cuando las plantas del maíz más precoz presentan una altura media superior en unos 60 centímetros a las del maíz B. Durante este segundo

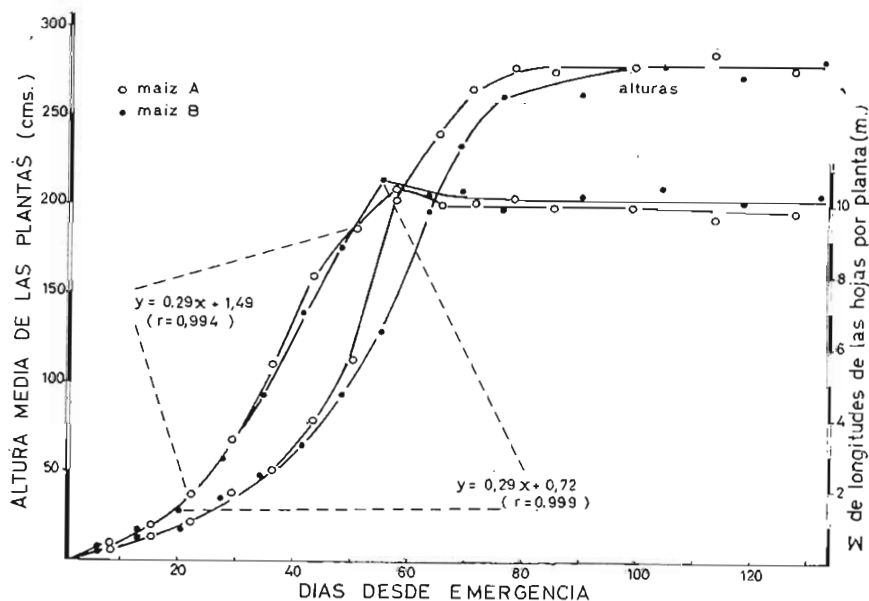


Fig. 2.—Curvas de evolución de la altura de las plantas y de las sumas de las longitudes medias de las hojas, por planta, a lo largo del ciclo vegetativo de los híbridos D.M.B.G. 5-8 (A) y D.M.B.G. 11-4 (B).

T A B L A I

Datos medios, correspondientes a las 15 recogidas efectuadas, de altura de plantas (cm.), suma de las longitudes medias de las hojas por planta (m.), humedades (%), materia seca (Qm./Ha.) y materia verde (Qm./Ha.), de los híbridos D.M.B.G. 5-8 (A) y D.M.B.G. 11-4 (B)

N.º de recogida	Altura media (cm.)		Σ de longitudes medias de las hojas por planta (m.)				Humedad conjunta planta (%/10)		Materia seca acumulada (Qm./Ha.)		Materia verde formada (Qm./Ha.)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	6	5	0,4	0,3	88,4	88,5	0,1	0,1	1,0	0,6	1,0	0,6
2	13	12	1,0	0,8	90,3	90,2	0,2	0,2	2,4	3,1	2,4	3,1
3	22	19	1,8	1,4	90,8	90,2	0,7	0,6	7,9	5,7	7,9	5,7
4	37	35	3,4	2,9	90,3	88,9	2,4	3,1	25,1	27,7	25,1	27,7
5	51	47	5,5	4,7	91,0	89,7	7,1	5,4	79,0	52,0	79,0	52,0
6	80	64	8,0	7,0	90,5	90,2	12,6	9,0	132,9	92,5	132,9	92,5
7	113	115	9,3	8,8	88,2	87,8	26,0	23,2	221,0	190,1	221,0	190,1
8	203	128	10,4	10,7	85,3	88,7	54,2	32,2	369,0	285,0	369,0	285,0
9	240	197	10,0	10,2	84,8	86,4	63,4	44,8	418,4	330,2	418,4	330,2
10	265	233	10,0	10,4	83,5	83,6	80,4	73,0	488,3	446,2	488,3	446,2
11	277	261	10,2	9,9	83,4	83,3	85,5	80,0	515,8	478,5	515,8	478,5
12	273	262	10,0	10,2	82,8	81,0	107,0	125,7	621,8	661,1	621,8	661,1
13	278	279	10,0	10,5	77,0	78,6	134,6	170,6	585,1	798,4	585,1	798,4
14	286	272	9,6	10,1	75,4	71,9	139,7	216,5	567,6	771,7	567,6	771,7
15	276	281	9,8	10,4	71,0	70,6	178,2	234,7	615,2	799,0	615,2	799,0

mes el desarrollo vegetativo es notable y entre los días 2/8 y 9/8, el maíz A aumenta su altura unos 13 centímetros diarios. A lo largo del tercer mes se van aminorando las diferencias en las alturas entre ambos maíces, que se hacen mínimas a partir de aquí.

Longitud de las hojas

El desarrollo de las hojas aún es más rápido que el del tallo. Hemos tomado como índice para su determinación la suma de las longitudes medias de todas las hojas, cuyos valores se exponen en la tabla I y cuya evolución con el tiempo se muestra en la gráfica de la figura 2.

Las curvas resultantes también son sigmoideas, aunque en el intervalo de rápido crecimiento el aumento es sensiblemente lineal. Esto sucede entre los estados 1,5 y 3,5 de Hanway (6); para ambos maíces la razón del crecimiento diario en esa época es similar, 0,29 m. ($r_A = 0,994$; $r_B = 0,999$). Como se puede ver en la figura 2, el desarrollo máximo de las hojas se alcanza pronto, antes de que se alcance la altura máxima, cerca del final del segundo mes, produciéndose en ambos maíces una inflexión después de alcanzar dicho máximo. La diferencia entre ambos híbridos, en relación al crecimiento de sus hojas, es pequeña.

Humedad

a) *La planta completa*

La evolución del contenido en humedad de las plantas completas a lo largo del desarrollo del maíz es muy similar para ambos híbridos. Los máximos contenidos en agua se alcanzan a las dos semanas de la nascencia, con algo más del 90 por 100 y se mantiene a este nivel durante un mes aproximadamente. A continuación se produce una disminución paulatina, pero no lineal, que hace descender el contenido en agua de las plantas completas a cerca del 70 por 100 en las últimas recogidas hechas para este estudio. El descenso es más agudo en la fase final del desarrollo, durante la maduración del grano. Los datos correspondientes a cada recogida se exponen en la tabla I, y su evolución se puede seguir en la figura 3 (a).

b) *Los componentes*

Además de la variación estacional de la humedad durante el crecimiento existen diferencias entre los distintos órganos de la planta en cuanto a su contenido en agua. También cabe señalar una variación posicional en órganos similares, que a veces es de pequeña cuantía.

I) Tallos

Los tallos, que en nuestro caso comprenden también las vainas foliares, son los órganos de la planta con mayor contenido en humedad en la mayor parte de su ciclo vital. Así, en la primera toma independiente de muestra de tallo (5ª recogida) su humedad se elevaba a 94,1 por 100 para el híbrido A y a 93,2 por 100 para el B. Por otra parte, el descenso estacional de la humedad del tallo, que se puede seguir en la figu

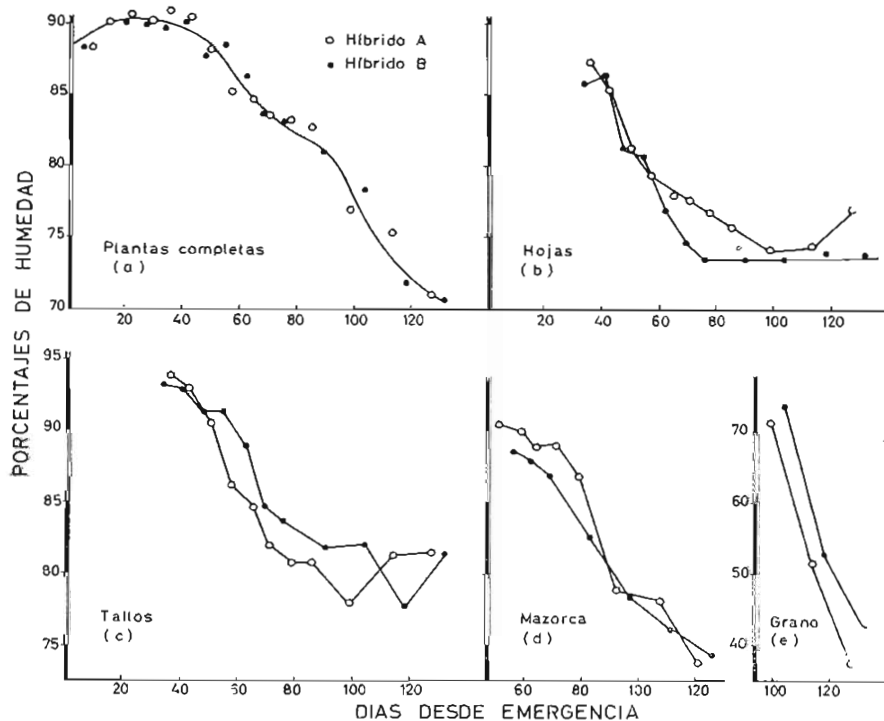


Fig. 3.—Curvas de variaciones del contenido en humedad durante el desarrollo del maíz: (a) plantas completas; (b) hojas; (c) tallos; (d) mazorcas completas y (e) grano.

ra 3 (c), es menor que el general indicado puesto que en las muestras de la última recogida el contenido en agua no baja de 81 por 100. Ahora bien, en recogidas anteriores se encuentran valores más bajos en ambos maíces, los cuales a nuestro entender no pueden ser atribuidos sólo al error experimental y señalan que parte del agua de los tallos puede ser movilizadada por las espigas en formación. Sin embargo, con la sal-

vedad indicada, el contenido en agua del tallo parece estabilizarse en ambos maíces a partir de la formación del grano (estado 6 de Hanway).

En cuanto a las variaciones dentro del tallo, en todo momento la humedad es menor a medida que ascendemos en él. Sirvan como ejemplo los datos que se presentan en la tabla II.

TABLA II

Los contenidos en agua de hojas y tallos, en relación a su posición, en cuatro épocas de desarrollo (a los 57, 71, 85 y 113 días de la emergencia para el híbrido A, y 55, 69, 90 y 118 días, para el B)

Parte de la planta	N.º recogida	8. ^a		10. ^a		12. ^a		14. ^a	
	híbrido	A	B	A	B	A	B	A	B
		% de humedad							
Hojas...		79,5	80,8	77,7	74,8	75,8	73,6	74,5	74,1
Inferiores ...		84,2	84,1	83,0	79,3	80,7	78,6	80,8	79,4
Bajas ...		80,8	81,3	79,3	75,7	76,5	74,6	75,4	75,8
Medias ...		77,4	—	74,4	72,6	72,9	71,0	71,4	71,5
Superiores...		75,5	79,7	72,3	72,0	72,0	68,7	66,3	67,0
Tallos ...		86,3	91,4	82,1	84,7	80,9	81,9	81,4	77,7
Bajo ...		87,7	91,6	84,5	86,1	82,2	83,9	83,7	79,5
Medio ...		86,9	—	82,2	85,0	80,1	81,8	80,7	77,2
Alto ...		80,8"	90,2"	79,1	80,9"	79,2	80,3	80,4	76,5
Pendón ...		—	—	65,0	—	64,8	67,5	62,4	67,7
Mazorcas...		90,6	—	88,9	87,8	86,8	82,3	70,0	67,9
Vainas + pedúnculos ...		—	—	—	—	85,9	83,6	82,2	82,0
Zuros ...		—	—	—	—	88,2 ^	80,5 ^	66,6	61,4
Grano ...		—	—	—	—	—	—	51,7	52,8

" incluido el pendón; ^ incluido grano.

II) Hojas

El contenido en humedad de las pequeñas plantas de la primera recogida, íntegramente hojas, es de un 88,4 por 100. Hay un descenso del contenido en agua de las láminas foliares a medida que crece la planta, desde el momento en que aquellas se diferencian de otros componentes, como se puede ver en la figura 3 (b). Esta disminución cesa hacia mediados del tercer mes de desarrollo, estabilizándose alrededor de un 74 por 100, si bien se encuentra cierta diferencia en el comportamiento de ambos híbridos, atribuible en parte al error experimental.

Al igual que en el caso del tallo también hay diferencias en los contenidos en humedad de las hojas, según su posición en la planta, y en el mismo sentido. Independientemente del tamaño de las hojas, las más bajas contienen más agua. No son grandes las diferencias existentes entre hojas sucesivas, pero el elevado número de éstas hace que la variación entre los extremos sea notable. Así, en la 13.^a recogida (noventa y nueve días) es de 16,5 por 100 (81,4 % - 64,9 %) para el híbrido A; en el caso del híbrido más tardío el comportamiento es similar, la diferencia en la misma recogida (ciento cuatro días) es de 14,7 por 100 (la más alta 65,5 % de humedad). Redundan en el mismo sentido los datos complementarios que se exponen en la tabla II relativos a cuatro estados de desarrollo; en ella las hojas se agrupan en cuatro niveles por su posición.

En cada momento las hojas contienen menos agua que los tallos, a igualdad de altura, y la diferencia aumenta a medida que se asciende en la planta.

III) Mazorcas

Esta parte de la planta de maíz, inicialmente inflorescencia, es la de mayor contenido en agua en el momento en que se ha diferenciado del tallo. Para el híbrido A, a los cincuenta y siete días de la nascencia, su humedad es de 90,6 por 100, y para el B a los sesenta y tres días, de 88,6 por 100. Al igual que en las otras partes de la planta hay disminución de la humedad a medida que se desarrollan, si bien las espigas frustradas mantienen unas elevadas cotas de agua, incluso del 87 por 100 en la última recogida efectuada. El neto predominio de las mazorcas formadas hace que el conjunto, al incluir el grano, seque hasta unos contenidos en agua de 58,8 por 100, en el híbrido A, y de 61,9 por 100 en el B. En la figura 3 (d) y (e) se pueden ver las variaciones en las mazorcas y el grano, con el tiempo.

También en este caso tiene influencia la posición en la planta, y cuando se logra más de una espiga, la más alta es la de menor contenido en agua, en una proporción que oscila alrededor del 4 por 100.

En cuanto a los componentes de las mazorcas, las vainas y pedúnculos son los que más humedad mantienen, con porcentajes finales, en la experiencia, de 78,0 y 79,3 por 100 para ambos maíces. El zuro es bastante más seco, pues su humedad, cuando se puede separar el grano, es inferior al 70 por 100 y en los muestreos finales fue de 53,6 por 100 y 56,6 por 100, para los maíces A y B, respectivamente.

Por último, el grano es la parte de la mazorca en la cual las variaciones de la humedad alcanzan mayor cuantía y rapidez durante el ciclo estudiado, quedando en nuestro caso en unos, aún elevados, 37,5 por 100 y 42,2 por 100 en la última recogida. La elevada síntesis orgánica de esta parte de la planta y su gran disminución en humedad es determinante primordial del descenso en el contenido en agua del conjunto de la planta en el último período de desarrollo, durante la maduración del grano.

La síntesis orgánica

Los datos de producción de materia seca (a 105° C) por componentes, agrupados en hojas, tallos, mazorcas y grano, y de la planta completa en cada momento se exponen en la tabla III. La evolución de los valores por planta durante el crecimiento de los maíces se puede seguir en la figura 4.

Durante un período inicial que alcanza al primer mes de crecimiento, a contar desde la emergencia, ambos híbridos sintetizan cantidades similares de materia orgánica, manteniendo la similitud mostrada en otros aspectos de su desarrollo. En esta época es muy lento el crecimiento de la parte aérea de las plantas. A partir de este momento el maíz más precoz entra en un período de mayor rapidez de síntesis lo que da lugar a una mayor formación total de materia seca en este híbrido hasta unos ochenta días. Finalmente la mayor razón de crecimiento del maíz más tardío a partir del segundo mes, hace que la síntesis total del híbrido B sea bastante superior a la del A.

Lo expuesto corresponde a que las curvas de la acumulación de materia seca a lo largo del ciclo vegetativo, en ambos híbridos, tenga carácter sigmoideo, al ser consideradas desde la nascencia. Ahora bien, durante una gran parte de su desarrollo la formación de materia seca está relacionada linealmente con el tiempo, aunque no hay coincidencia en los períodos en que se mantiene tal relación ni en los coeficientes de regresión correspondientes a cada híbrido. Así, para el A durante el período comprendido entre los cuarenta y tres y los noventa y nueve días, $r = 0,991$; la ecuación de regresión lineal correspondiente señala una acumulación diaria por hectárea de unos 210 ± 32 kilogramos de materia seca. Para el híbrido B el coeficiente de correlación es 0,997 y la síntesis diaria alcanza a 305 ± 30 kilogramos/día/hectárea.

TABLA III

Pesos de materia seca por planta, en gramos: A), híbrido D.M.B.G. 5-8; B), híbrido D.M.B.G. 11-4

Número recogida	Fechas		Hojas		Tallos		Mazorcas		Grano		Planta completa	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	1	21/6	0,3	0,2								0,3
2	28/6	0,6	0,8								0,6	0,8
3	5/7	1,8	1,4								1,8	1,4
4	12/7	6,1	7,7								6,1	7,7
5	19/7	11,4	8,8	6,3	4,6						17,7	13,4
6	26/7	16,8	13,3	14,7	9,3						31,5	22,6
7	2/8	26,8	31,8	38,2	26,1						65,0	57,9
8	9/8	38,1	34,8	88,9	45,7			8,4			185,4	80,5
9	17/8	38,2	39,0	97,2	63,6			23,1	9,6		158,5	112,1
10	23/8	40,8	47,8	117,5	106,3			42,6	28,4		200,9	182,5
11	30/8	41,6	44,1	120,9	104,9			51,2	52,0		213,7	200,0
12	6/9 - 13/9	50,4	57,3	128,0	127,7			89,2	129,2		267,7	314,2
13	20/9 - 27/9	52,7	63,7	138,5	135,7			95,7	155,5	49,7	336,6	426,5
14	4/10 - 11/10	49,8	59,7	110,1	145,7			95,0	162,1	94,4	349,3	541,3
15	18/10 - 25/10	51,9	64,1	118,3	138,2			102,4	157,3	172,9	445,5	586,7

En cuanto a la distribución de la síntesis de materia orgánica en la planta, guarda relación con el desarrollo de sus diversos órganos, e incluso parte de los materiales sintetizados en un determinado componente de las plantas pueden ser perdidos en ulteriores etapas de crecimiento. La evolución de la aportación de cada parte de planta al total sintetizado en cada momento (I A, I B) y la correspondiente a la síntesis de ma-

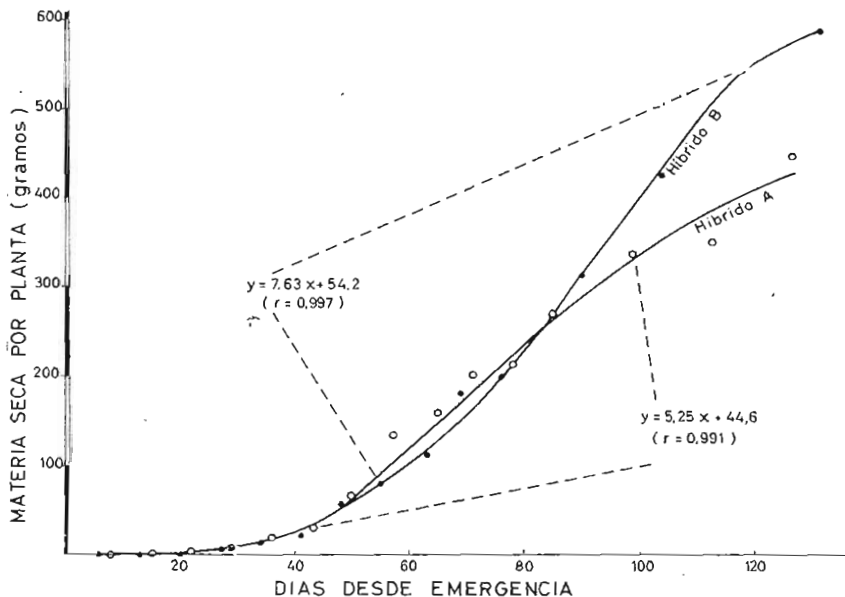


Fig. 4.—Evolución de la síntesis de materia seca por planta, en gramos, durante el crecimiento. (A) híbrido D.M.B.G. 5-8; (B) híbrido D.M.B.G. 11-4.

teria seca en relación a la total alcanzada al final de la experiencia (II A y II B), se pueden seguir en la figura 5. No se presentan grandes diferencias entre ambos maíces salvo las derivadas de la clara mayor precocidad del maíz A. Al hacer una revisión periódica de los datos se observa lo siguiente:

Al cabo del primer mes las hojas son el elemento predominante; el resto corresponde a un tallo incipiente. Es claro que este período forma parte de la etapa de crecimiento radical. Al finalizar el segundo mes, continúa aumentando el contenido en materia seca de todas las partes de la planta. La mayor cantidad sintetizada corresponde ya a los tallos y las aportaciones debidas a las hojas han descendido. Las correspondientes a las mazorcas adquieren caracteres cuantitativos. La materia seca formada supone sólo un 18 por 100 de la total para el maíz más tardío —de

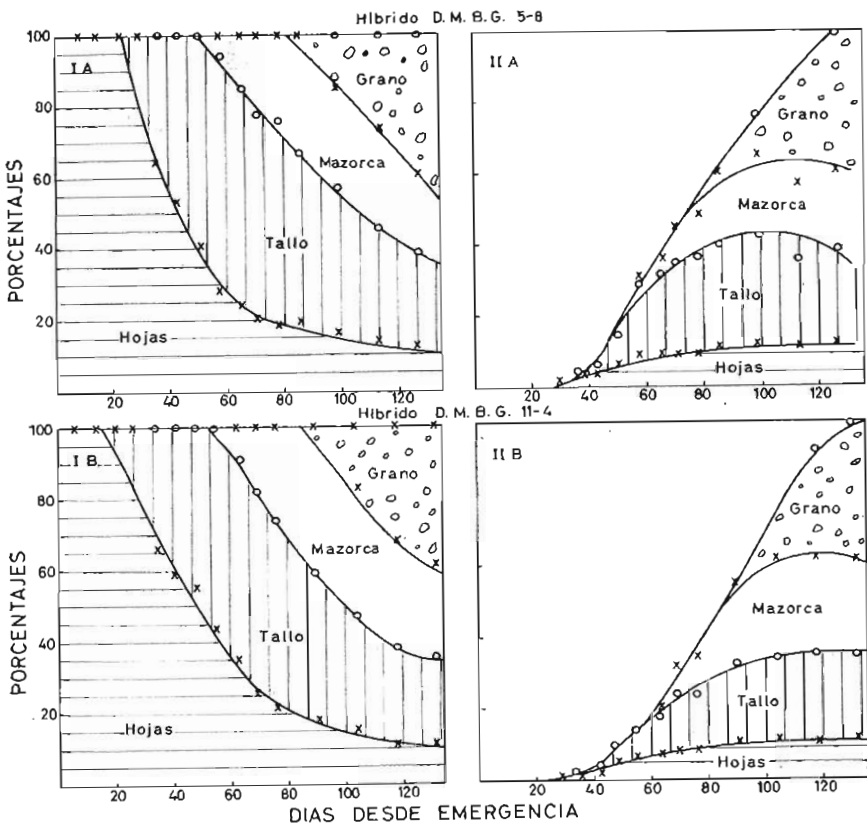


Fig. 5.—Evolución de las aportaciones de los distintos componentes en relación al total de materia seca sintetizada en cada momento (IA, híbrido D.M.B.G. 5-8; IB), híbrido D.M.B.G. 11-4), y en relación a la síntesis total final (IIA y IIB)).

mayor producción global— y es ya del 30 por 100 en el maíz A, como corresponde al desarrollo más rápido de este maíz.

A los noventa días en las mazorcas se encuentra ya un 38 ó un 41 por 100 de la materia seca existente, de la cual una quinta parte corresponde al grano. En el caso del maíz A sigue siendo el tallo el componente con mayor cantidad de materia seca (el 46 % de la formada en el momento), pero en el híbrido más tardío, con un 41 por 100, lo sintetizado en el tallo es igualado por lo logrado en las mazorcas. La aportación de las hojas es, proporcionalmente, cada vez más pequeña aunque continuó aumentando en valor absoluto (tabla III), y se estabiliza prácticamente en relación al total final (fig. 5; gráficas II A y II B). En el maíz más

precoz la síntesis ya pasa aquí de los 2/3 del material finalmente formado, pero en el otro híbrido solo es algo mayor de la mitad.

Durante este tercer mes, se mantiene la clara diferencia del crecimiento entre los dos híbridos, pues la proporción de materia seca sintetizada en relación a la total durante este período es muy similar para ambos; supone un tercio de la misma, aproximadamente.

Al final del cuarto mes la cantidad de materia seca se acerca a la final experimental, 95 y 93 por 100. Durante él las mazorcas pasan a contener más de la mitad de la materia seca formada (57 % y 62 %), en cuyos valores corresponden al grano el 34 por 100 en el híbrido A, y el 31 por 100 en el B. El tallo del híbrido más precoz experimenta en este período un descenso en el contenido en materia seca, que no es acusado en el híbrido de desarrollo más lento; para ambos la aportación de esta parte de la planta a la materia seca formada descende hasta alrededor del 30 por 100. Parece disminuir algo el contenido en materia seca de las hojas, si bien la pequeña cuantía de las variaciones hace que prácticamente su aportación al conjunto puede decirse que se estabiliza en una novena parte del total final. Como se puede ver en la figura 5 durante este período se incrementa la síntesis, en relación a la del tercer mes, en el maíz B, que alcanza a un 37 por 100 de la total lograda, aminorándose, por el contrario, la del más precoz.

Finalmente, en la última recogida computada el grano supone alrededor del 40 por 100 de la materia seca formada por ambos híbridos, cantidad que supera a la contenida en el tallo o en los otros componentes de la mazorca. Se observa en este caso, pese al breve espacio de tiempo de esta etapa final, el descenso absoluto del contenido en materia seca del tallo y de la mazorca, excluido el grano, en el maíz más tardío. La contribución de estos componentes en relación a la materia seca total es bastante similar, como se puede ver en la figura 5.

En cuanto a la síntesis total realizada hemos de recalcar que los datos aportados anteriormente corresponden a la parte aérea de las plantas. A ellos habrán de añadirse los correspondientes a los tocones y a las raíces, que si bien son de pequeña entidad habrán de elevar en cierta medida las cantidades expuestas, correspondientes a la parte aérea. Para el maíz A fueron 14,9 y 26,2 los gramos que pesaron el tocón y las raíces recogidas; en el híbrido B los pesos secos fueron de 15,4 gramos para el tocón y 27,1 gramos para las raíces, lo que eleva la síntesis por planta a 486,6 y 629,2 gramos, respectivamente. Esto hace que la producción de materia seca por hectárea, a la densidad de plantación considerada, sea de 194,6 quintales métricos y 251,7 quintales métricos, para cada uno de los maíces A y B, respectivamente.

DISCUSIÓN

Los datos acerca de la altura de las plantas señalan la independencia entre el porte alcanzado —igual en ambos híbridos— y la productividad, ya sea en relación al grano producido o a la materia seca total lograda. Por otra parte, los valores medios de alturas de la experiencia, en especial el del híbrido semi-tardío, de 2,8 metros, es bastantes inferior a la media normal de este híbrido que está cifrada en 3,3 metros en las condiciones de cultivo de la experiencia, salvo las climáticas.

No sucede lo mismo, sin embargo, en relación al creciente de las hojas. Es verdad que la longitud media total de éstas por planta no es mucho más alta en el maíz más productivo. Sin embargo, la síntesis de materia seca sí es bastante mayor, en un 20 por 100 en las recogidas 13 y 14 que presentan humedades foliares similares, lo que implica una mayor superficie o un mayor espesor de las hojas o ambas cosas a la vez en el híbrido B. Los resultados concuerdan, por tanto, con los estudios acerca de las relaciones entre el peso de las hojas o la superficie de las mismas y la producción de grano de investigadores como Allinson (1) o Hanway (5), etc.

En relación al contenido en humedad, los datos bibliográficos encontrados, casi siempre solo de la etapa de maduración y recogida, suelen ser más bajos, incluso mucho más bajos que los nuestros. Las diferencias no pueden ser justificadas ni por las correspondientes a la forma de determinación, según se haga a 105° C., como en nuestro caso, o a temperatura inferior, ni por las condiciones ambientales del otoño en la zona de la experiencia, que combinan una elevada humedad y precipitación con una temperatura moderada que contribuye poco a un fuerte secado de las plantas vivas. Es indudable que son las características intrínsecas de estos híbridos de «tallo azucarado» la causa del mantenimiento de las elevadas tasas de humedad de la mayor parte de la planta en estado avanzado de maduración del grano. J. L. y M. Blanco González (2), ya señalan el mantenimiento del verdor de la parte vegetativa a la maduración del grano como causa favorable al aprovechamiento de la paja y hojas de estos maíces, además de su importante mayor contenido en azúcares.

Por otra parte, son notables las desigualdades existentes entre órganos o componentes similares según su posición en la planta, con un gradiente, bastante elevado, de disminución del contenido en agua a medida que se asciende en ella. La absorción radical y la mayor evapotranspiración en las partes de mayor incidencia solar no deben ser ajenas a este proceso.

En relación a la síntesis orgánica, hemos de indicar que se han visto cumplidas las previsiones acerca de la alta productividad esperada. Los datos de materia seca de la tabla III, equivalen a una producción de gra-

no (al 15,5 % de humedad) por hectárea de 8.185 kilogramos, para el maíz A, y de 10.750 kilogramos para el híbrido B. Esto lo hace posible, junto con una fertilización adecuada y unas condiciones ambientales buenas para el cultivo, aunque no óptimas, la buena productividad potencial de los híbridos utilizados.

La mayor precocidad del híbrido A se manifiesta en la etapa comprendida entre la nascencia y la fecundación; como resultado de ello la caída de polen se inicia unos doce días más tarde en el híbrido B. A la vista de la evolución de los datos la diferencia no parece aumentar durante la formación y maduración del grano, o al menos si lo hace es en menor proporción.

Ambos híbridos presentan una amplia etapa en la cual la síntesis de materia seca es función lineal del tiempo, pero estos intervalos son diferentes en fechas e intensidades. La variación en fechas es debida a la diferente velocidad de evolución de ambos híbridos, puesto que los períodos de mayor correlación lineal se corresponden en ambos maíces a los comprendidos entre las etapas 3,5 y 8,5 de Hanway (6). La gran diferencia en las razones de crecimiento, $5,2 \pm 0,8$ gramos/planta/día, para el híbrido A, y $7,6 \pm 0,7$ gramos/planta/día, para el B, es plenamente atribuible a la naturaleza intrínseca de los híbridos.

Pese a las diferencias entre la potencialidad de síntesis de ambos híbridos existe, sin embargo, cierta similitud en la distribución de la materia seca en las plantas, según se puede ver en los gráficos de la figura 5. Podemos indicar, además, en este sentido que las razones entre el contenido en materia seca del grano y el del resto de la parte aérea de la planta es similar en ambos híbridos, de 0,63, en la última recogida computada. En cuanto a la disminución del contenido en materia seca de ciertos órganos en la etapa de maduración del grano los resultados no son claros. Aparentemente no se produce pérdida en las hojas de estos híbridos; en el maíz más precoz es clara la disminución de materia seca en el tallo, pero no es esto tan claro en el B. En cambio los componentes de la mazorca de este híbrido experimentan un descenso notable de materia seca en el último muestreo. Las especiales características de prolongada vitalidad vegetativa de estos maíces y la interrupción de la experiencia a los ciento veintisiete y ciento treinta y dos días de la emergencia son factores a tener en cuenta al considerar el posible trasvase de materiales de otras partes de la planta al grano o el consumo energético de aquéllos.

La adición de nitratos en cobertera y el riego posterior han tenido una influencia momentánea mayor en el maíz más desarrollado en esas fechas que en el más tardío.

Las elevadas producciones de materia seca que alcanzan estos híbridos deben dar lugar a una elevada absorción y fijación de nutrientes.

RESUMEN

Son estudiadas las variaciones en la acumulación de materia seca, así como las del contenido en humedad, altura de plantas y longitud de hojas en dos híbridos de maíz creciendo en las condiciones ambientales de las Rías Bajas de Galicia, en suelo de buen nivel de fertilidad. La periodicidad de la recogida de muestras fue semanal los tres primeros meses y después quincenal.

Los resultados obtenidos muestran que pese a las diferencias entre los ciclos vegetativos de ambos maíces y entre sus potenciales de productividad, la evolución de las variables con el tiempo son bastante similares.

En relación a la síntesis de materia seca las curvas de acumulación en función del tiempo son sigmoideas, pero durante la época de mayor formación el aumento es lineal, con producciones día/planta de $5,2 \pm 0,8$ g. y $7,6 \pm 0,7$ g. de materia seca ($r_A = 0,991$; $r_B = 0,997$). La razón entre la materia seca contenida en el grano y la del resto de la planta es, para ambos híbridos, de 0,63 en la última recogida, exponente asimismo de cierta similitud en la distribución de aquella entre sus componentes.

Los maíces pierden agua en forma paulatina, pero no lineal, desde la nascencia a la maduración. Hay, asimismo, descenso de la humedad al ascender en la planta, conteniendo el tallo, a la misma altura, más agua que las hojas. Los híbridos utilizados mantienen alta humedad en la época de maduración.

Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALLISON, J. C. S. 1964. A comparison between maize and wheat in respect of leaf area after flowering and grain growth. *J. agric. Sci.*, 63, 1-4.
- (2) BLANCO GONZÁLEZ, M., BLANCO GONZÁLEZ, J. L. y SALEMA VEIGUINHA, A. 1957. Obtención de híbridos de maíz de tallo azucarado, de doble aprovechamiento —grano y planta— y estudio comparativo de su valor industrial, agrícola y económico. *Genét. Ibér.*, 9, 3-101.
- (3) EIJNATTEN, C. L. M. VAN. 1963. A study of the development of two varieties of maize at Ibadan, Nigeria. *J. agric. Sci.*, 61, 65-72.
- (4) GENTER, C. F., JONES, G. D. y CARTER, M. T. 1970. Dry matter accumulation and depletion in leaves, stems, and ears of maturing maize. *Agron. J.*, 62, 535-537.
- (5) HANWAY, J. J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. *Agron. J.*, 54, 145-148.
- (6) HANWAY, J. J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, 55, 487-492.
- (7) HANWAY, J. J. y RUSSELL, W. A. 1969. Dry-matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plants: Comparisons among single-cross hybrids. *Agron. J.*, 61, 947-951.
- (8) JENNE, E. A., RHOADES, H. F., YIEN, C. H. y HOVE, O. W. 1958. Change in nutrient element accumulation by corn with depletion of soil moisture. *Agron. J.*, 50, 71-74.
- (9) JORDAN, H. V., LAIRD, K. D. y FERGUSON, D. D. 1950. Growth rates and nutrient uptake by corn in a fertilizer-spacing experiment. *Agron. J.*, 42, 261-268.
- (10) NELSON, L. B. 1958. The mineral nutrition of corn as related to its growth and culture. *Adv. Agron.*, 8, 321-375.

- (11) NOURRISON, A., BEL, B., DENIZOT, H. y MATHIEU, G. 1953. Exportation des éléments fertilizants par le maïs hybride. Ann. agron., 4, 850-859.
- (12) RAGLAND, J. L., HATFIELD, A. L. y BENOIT, G. R. 1965. The growth and yield of corn. I. Microclimatic effects on the growth rate. Agron. J., 57, 217-220.
- (13) SÁNCHEZ, B., DIOS, R. y AMEIJERAS, M. 1955. Experiencias con fertilizantes en suelos gallegos. II. Influencia de la densidad de siembra y de la fertilización sobre la producción y el contenido en proteína del grano de maíz. An. Edafol. Agrobiol., 14, 137-160.
- (14) SÁNCHEZ, B., GARCÍA, A. y DIOS, G. 1967. Fertilidad de los suelos de cultivo de Pontevedra. An. Edafol. Agrobiol., 26, 395-420.

Recibido para publicación: 21-III-74