

EPOCA DE COSECHA Y ACUMULACION DE MATERIA SECA EN MAIZ PARA ENSILAJE¹

Harvesting time and dry matter accumulation in corn for silage

Patricio Soto O.²
Ernesto Jahn B.²

SUMMARY

Three corn hybrids, INIA-8 (early maturing), P-3369A (semi-late), and G-4776 (late), were sown at the Quilamapu Experiment Station (INIA), Chillán, Chile, on October 1980, to study dry matter accumulation (DMA).

A split plot design, with 4 replications, the main plots being the corn hybrids and the subplots the 10 harvesting dates, was used. The production parameters were adjusted by covariance to the average population of each hybrid, that varied according to their earlines. With these values a response curve was fitted ($\ln Y = a + b \ln X - cX$, where Y is the production parameter and X days from sowing to harvesting).

For the three hybrids, DMA continued beyond the milky stage. Participation of the ears in the total plant weight increased with plant maturity, reaching above 60% at the maximum DMA. The whole plant crude protein content tended to be constant beyond the milky stage.

Optimum harvesting times, to obtain maximum silage production, with an adequate humidity level, were: for the early maturing hybrid, from early to mid March; for P-3369A, from late March to early April; and for the late hybrid, from early to late April.

INTRODUCCION

La planta de maíz acumula materia seca (m.s.) rápidamente después del desarrollo inicial de las hojas, alcanzando un máximo cuando la planta llega a su madurez fisiológica. Daynard y Hunter (1975) encontraron que la máxima acumulación de materia seca (a.m.s.) se obtiene cuando el maíz tiene una madurez que equivale a un contenido de 44% de m.s., en la planta completa, observándose, además, que la digestibilidad de la m.s. permanece relativamente constante, sobre un rango de 34 a 44% de m.s.

La a.m.s. por hectárea aumenta, desde el estado de grano lechoso a estado pastoso suave, principalmente por un incremento en el peso de las mazorcas, lo cual

está indicando que existe una directa transferencia de productos de fotosíntesis para el desarrollo de la mazorca (Genter, Jones y Carter, 1970).

El momento más apropiado de cosecha del maíz, para obtener un ensilaje de alto rendimiento y calidad, es cuando los granos están dentados, pero antes que hayan caído muchas hojas (Aldrich y Leng, 1974). Por otra parte, el máximo consumo de m.s. por el animal se obtiene cuando el ensilaje tiene entre 30 y 40% de m.s. (Virginia Polytechnic Institute, 1969).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la curva de a.m.s. en híbridos de maíz de diferente precocidad y relacionarla con los contenidos de m.s., estado vegetativo y calidad del forraje.

MATERIALES Y METODOS

Tratamientos: entre el 23 y 24 de octubre de 1980,

¹ Recepción de originales: 23 de abril de 1982.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

en la Estación Experimental Quilamapu (INIA), en Chillán, se sembró tres híbridos de maíz: INIA-8, P-3369A y G-4776, que se han definido, por el largo de su período vegetativo, como semiprecoz, semitardío y tardío, respectivamente. El suelo correspondió a un andosol plano regado (trumaol).

La siembra se hizo en un diseño de parcelas divididas, en que las parcelas principales fueron los diferentes híbridos de maíz y las subparcelas las fechas de corte (10 en cada híbrido), con cuatro repeticiones. Las parcelas ocuparon 117,6 m² (7 x 16,8 m) para cada híbrido y 3,2 x 3,5 m, las subparcelas. La distancia entre hilera fue de 0,8 m, variando la distancia sobre la hilera para obtener poblaciones diferentes, de acuerdo con la precocidad de cada híbrido.

La densidad de plantas a la siembra fue de 75.000, 70.000 y 65.000 plantas/ha para los híbridos INIA-8; P-3369A y G-4776, respectivamente.

La fertilización aplicada fue de 240 kg/ha de nitrógeno, como urea (40 kg a la siembra, 118 kg el 15 de diciembre y 82 kg el día 31 de diciembre), 115 kg/ha de P₂O₅ y 50 kg/ha de K₂O, aplicados en forma localizada a la siembra, como superfosfato triple y sulfato de potasio, respectivamente. La semilla se desinfectó con Pomarsol y, previo a la siembra, se aplicó al suelo 20 kg/ha de un insecticida granular (Basudin 60G), para controlar insectos del suelo.

En cada subparcela y en cada fecha de corte, se recolectó el material proveniente de una superficie de 4,8 m² (tres hileras x 2 m), quedando aproximadamente 1 m de borde entre las subparcelas, de material que no fue muestreado. En cada oportunidad se determinó la densidad de plantas, estado vegetativo y rendimiento de materia verde total en ton/ha. Además, se eligió cinco plantas al azar, que se picaron en un molino de martillo, separándose una muestra homogénea para secar en horno (65° C) y determinar el contenido de m.s. y de proteína total (P.T.) de la planta entera (AOAC, 1970). A partir del estado de grano lechoso, en otras cinco plantas elegidas al azar, se determinó la contribución de mazorcas y cañas (cañas más hojas) a la producción total verde. En cada uno de estos componentes se determinó m.s. y P.T., por el mismo procedimiento empleado para las plantas enteras.

El rendimiento total de materia verde/ha se ponderó por el porcentaje de m.s. de la planta entera, para obtener el rendimiento de m.s./ha. Este valor se ponderó por el aporte de cañas y mazorcas, en base a m.s., para determinar la participación de estos componentes en la producción total de m.s./ha.

Análisis estadístico: el comportamiento de los híbridos

fue analizado bajo un diseño de parcelas divididas. Las curvas de m.s. de cada híbrido se estudiaron en forma separada. Debido a que se observó poblaciones diferentes en cada híbrido en las diferentes fechas de corte, los parámetros de producción se ajustaron por covarianza, según la población media de cada híbrido. Una vez obtenida la variable respuesta corregida por población, se efectuó el ajuste de la regresión de acuerdo al modelo: $\ln Y = a + b \ln X - cX$, en que Y corresponde a los valores corregidos de las variables respuesta (m.s. en cada híbrido, así como la producción de mazorcas y cañas) y X a los días entre siembra y cosecha.

Para el análisis estadístico de cada híbrido se utilizó un diseño de bloques al azar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad y acumulación de materia seca: las densidades medias observadas fueron de 76.927, 73.223, y 63.230 plantas/ha, para los híbridos INIA-8; P-3369A y G-4776, respectivamente, valores que fueron utilizados para el ajuste por covarianza de la a.m.s.

El híbrido INIA-8 presentó el máximo de a.m.s. a los 171 días entre siembra y cosecha, alcanzando 17,7 ton de m.s./ha, en el estado de grano duro. El porcentaje de m.s. en este punto fue de 51,2%, lo que es muy alto para la obtención de un buen ensilaje (Cuadro 1, Figura 1). Se aprecia una notable a.m.s./ha entre el estado de grano lechoso y el momento de máxima acumulación, al pasar de 14,3 a 17,7 ton de m.s./ha.

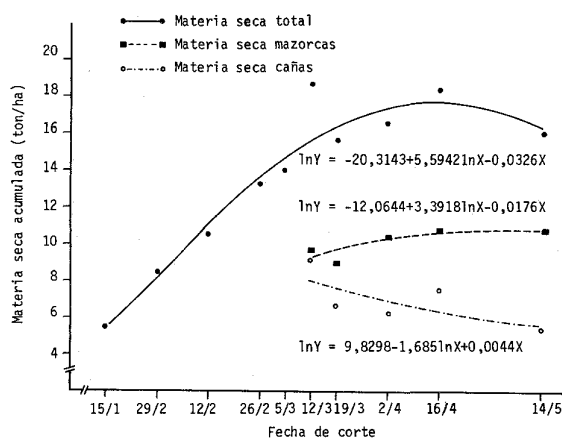


FIGURA 1. Acumulación de materia seca total y aporte de mazorcas y cañas (INIA-8).

FIGURE 1. Total dry matter accumulation and contribution of ears and culms (INIA-8).

CUADRO 1. Características de tres híbridos de maíz para ensilaje cosechados a diferentes estados de madurez

TABLE 1. Characteristics of three corn hybrids, harvested for silage at different maturity stages

Fecha corte	Días siembra-cosecha	Grado de madurez	Nº plantas/ha promedio	Prod. total ton m.s./ha	Materia seca %	Prod. total ton m.s./ha	Aporte de mazorcas, % ¹
VARIEDAD INIA - 8							
15-1	83	bandera	76.563	41,4	13,3	5,5	—
29-1	97	bandera	77.604	48,9	17,4	8,5	—
12-2	111	grano agua	83.333	57,0	18,6	10,6	—
26-2	125	grano leche	79.167	60,5	22,3	13,5	—
5-3	132	grano leche	79.688	53,5	26,0	13,9	—
12-3	139	grano duro	79.688	56,8	32,9	18,7	51,5
19-3	146	grano duro	76.563	48,1	32,4	15,6	57,8
2-4	160	grano duro	68.229	40,3	41,2	16,6	62,5
16-4	174	grano duro	81.250	34,1	54,0	18,4	58,6
14-5	202	grano duro	67.190	30,5	52,8	16,1	66,6
VARIEDAD P-3369A							
29-1	97	bandera	75.458	56,1	15,7	8,8	—
12-2	111	grano agua	79.167	79,3	17,9	14,2	—
26-2	125	grano leche	80.208	84,6	19,5	16,5	—
12-3	139	grano duro	76.042	81,3	25,6	20,8	51,6
19-3	146	grano duro	68.229	68,9	28,6	19,7	54,8
26-3	153	grano duro	75.521	75,2	30,2	22,7	52,8
2-4	160	grano duro	67.708	57,3	33,0	18,9	63,6
16-4	174	grano duro	79.167	60,4	41,4	25,0	72,3
30-4	188	grano duro	63.542	47,3	48,4	22,9	64,7
14-5	202	grano duro	67.188	47,9	42,6	20,4	67,1
VARIEDAD G-4776							
5-2	104	bandera	65.104	57,8	16,1	9,3	—
19-2	118	grano agua	68.229	79,4	17,5	13,9	—
5-3	132	grano leche	66.667	73,5	20,0	14,7	—
19-3	146	grano duro	59.383	76,4	23,7	18,1	46,1
26-3	153	grano duro	70.313	76,5	28,1	21,5	46,5
2-4	160	grano duro	57.292	69,7	28,7	20,0	56,0
9-4	167	grano duro	62.499	63,4	32,0	20,3	55,2
23-4	181	grano duro	58.333	62,4	45,9	22,4	60,5
5-5	195	grano duro	61.458	59,2	35,8	21,2	71,9
14-5	202	grano duro	63.021	55,9	37,2	20,8	69,1

¹ Aporte a la producción total, en base a materia seca.

El híbrido P-3369A fue el que presentó el mejor comportamiento, con una acumulación máxima de 22,8 ton de m.s./ha, obtenida a los 173 días desde la siembra (Cuadro 1, Figura 2). Interesante es destacar el hecho que, al momento de mayor producción, la planta tiene un contenido de m.s. de aproximadamente 41%. Con este contenido de m.s. en la planta, se consigue un ensilaje adecuado para obtener una alta productividad animal y consumo (Virginia Polytechnic Institute, 1969). En su estado de grano lechoso, a los 125 días, la a.m.s. fue de 16,8 ton/ha, es decir, entre el estado de grano lechoso a grano duro hay una notable a.m.s., de 6,0 ton/ha, equivalente a un 36%.

En el híbrido G-4776, la máxima a.m.s. se obtiene a los 184 días, alcanzando a 21,8 ton/ha (Cuadro 1, Figura 3), con aproximadamente un 36% de m.s. en la

planta. Al estado de grano lechoso, observado 132 días después de la siembra, este híbrido produjo 16,2 ton m.s./ha. Por lo tanto, hay un incremento de 5,6 ton m.s./ha entre el estado de grano lechoso y el momento de máxima acumulación, equivalente a un 34,6%.

Contribución de mazorcas y cañas: la a.m.s. a un grado de madurez posterior al estado de grano lechoso, en los tres híbridos estudiados, adquiere mayor significación, si se observa (Cuadro 1, figuras 1, 2 y 3) que gran parte de ese aumento es por la mayor contribución que hacen las mazorcas a la m.s. total de la planta, con el consiguiente aumento en el valor alimenticio del ensilaje. En las fechas de corte en que se obtuvo la máxima a.m.s., la contribución de las mazorcas correspondió al 61,8; 66,5 y 63,8% de la m.s.

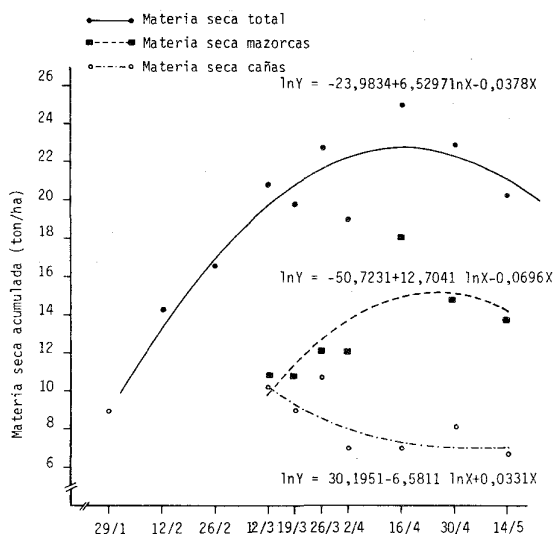


FIGURA 2. Acumulación de materia seca total y aporte de mazorcas y cañas (P-3369A).
 FIGURE 2. Total dry matter accumulation and contribution of ears and culms (P-3369A).

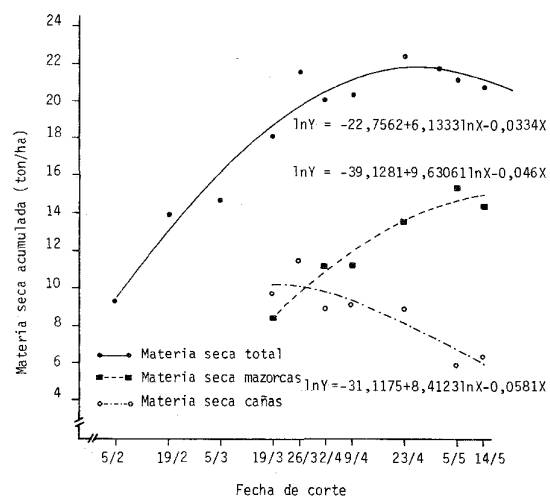


FIGURA 3. Acumulación de materia seca total y aporte de mazorcas y cañas (G-4776).
 FIGURE 3. Total dry matter accumulation and contribution of ears and culms (G-4776).

total, para los híbridos INIA-8; P-3369A y G-4776, respectivamente. Mc Allan y Phipps (1977) obtuvieron un aporte máximo de mazorcas, de un 59%, en una siembra de maíz para ensilaje con una

densidad de 50.000 plantas/ha, al mismo tiempo que el peso de las cañas decrecía marcadamente, a medida que la estación progresaba. Similar resultado obtuvo Bunting (1976), quien encontró que el aporte de los componentes de la mazorca, incluyendo grano y raquis, se incrementaba desde un 20 ó 25%, cuando los granos estaban en estado lechoso, a un 50%, cuando los granos tenían una consistencia pastosa dura.

Existen evidencias que la disminución del aporte de las cañas a la materia seca total de las plantas de maíz se debe a una translocación de los productos de fotosíntesis, principalmente carbohidratos solubles en agua, como sucrosa, glucosa y fructosa, que se mueven del tallo a la mazorca, donde se depositan como almidón, durante el período de llenado del grano (Phipps y Weller, 1979; Weaver y otros, 1978).

Epoca de corte y contenido de materia seca: el porcentaje de m.s. de la planta completa aumenta con el avance de la madurez, a una tasa diferente para cada híbrido (Figura 4), dependiendo de la precocidad. Este incremento es más acentuado en INIA-8, le sigue P-3369A y finalmente G-4776.

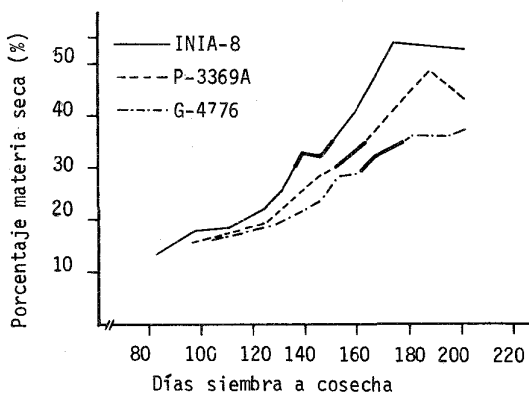


FIGURA 4. Variación del contenido de materia seca de la planta entera.
 FIGURE 4. Variation of the dry matter content in the entire plant

Al ensilar el maíz con un rango de m.s. entre 30 a 35%, se minimizan las pérdidas de cosecha y almacenaje y se produce una fermentación del forraje altamente aceptable para el ganado (Caldwell y Perry, 1971; Daynard y Hunter, 1975). Este contenido de humedad, considerado adecuado para la cosecha del maíz para ensilaje, se obtiene en INIA-8 aproximadamente entre comienzos y mediados de marzo; en P-3369A, entre fines de marzo y comienzos de abril, y en G-4776, entre comienzos y fines del mismo mes (Figura 4).

CUADRO 2. Condiciones climáticas, durante la temporada 1980–1981 y promedio de los últimos 10 años, en Quilamapu

TABLE 2. Climatic conditions during the 1980–1981 season and average for the ten last years, at Quilamapu

Mes	Temperatura media (°C)		Precipitación (mm)		Días de lluvia	
	80 – 81 ¹	71 – 81 ²	80 – 81 ¹	71–81 ²	80 – 81 ¹	71–81 ²
Octubre	11,7	70,8	—	7,8	—	—
Noviembre	13,6	29,8	27,7	5,9	5	5
Diciembre	17,3	46,3	36,5	3,9	4	4
Enero	16,3	9,5	58,2	1,4	5	5
Febrero	17,2	16,3	13,5	2,0	1	1
Marzo	16,0	21,7	28,3	3,3	4	4
Abril	12,9	45,3	195,5	5,2	7	7
Mayo	10,4	180,9	369,5	15,6	19	19

¹ Observaciones de la Estación Agrometeorológica de la Estación Experimental Quilamapu (INIA), lat. 36°32' S y long. 71°55' W.

² Promedio de 10 años de registros de la Estación Agrometeorológica de la Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción, lat. 36°36' S y long. 72°6' W (sin publicar).

Estas fechas de cosecha de maíz, a pesar de hacerse en otoño, aún implican poco riesgo de lluvias en la zona centro sur de Chile, las que pudieran entorpecer la recolección del forraje (Cuadro 2).

Contenido de proteína total: aun cuando en los tres híbridos estudiados se observó, en mediciones previas al estado de grano lechoso, una persistente disminución de la P.T. de la planta entera, luego de esa etapa presentan una cierta tendencia a estabilizarse a alrededor de 8^o/o, para INIA-8, 6,4^o/o, para P-3369A, y en 7,3^o/o, en el híbrido G-4776 (Figura 5). Similar resultado obtuvieron Caldwell y Perry (1975), quienes, a pesar de detectar variaciones entre las muestras cosechadas en diferentes fechas (después de 101 días desde la siembra), aquéllas no fueron significativas, ni con una tendencia clara, en los dos años de ensayo. Del mismo modo, Weaver y otros (1978) observaron que, en general, se registran insignificantes cambios en el contenido de P.T. en la planta de maíz, más allá del estado de grano dentado (35^o/o de m.s.), permaneciendo con aproximadamente 6^o/o de P.T.

Estos hechos parecieron, en cierto modo, estar ligados con la relativa estabilidad de la digestibilidad de la m.s. de la planta entera, sobre un amplio rango de disminución de la humedad, informado por Daynard y Hunter (1975), quienes encontraron que, cuando el contenido de m.s. de la planta variaba de 34 a 44^o/o, la digestibilidad *in vitro* lo hacía entre 73 y 72,7^o/o.

Los resultados anteriores ponen de manifiesto que la idea de retrasar la cosecha del maíz para ensilaje hasta la etapa de grano duro (aproximadamente 35^o/o de m.s. en la planta entera), junto con obtener considerables aumentos en la a.m.s., no desmejora la calidad del forraje, por el mayor grado de madurez.

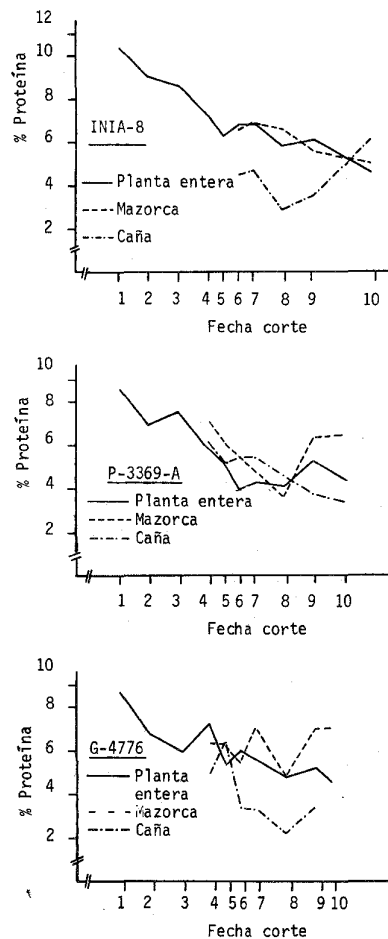


FIGURA 5. Variaciones en el contenido de proteína total de la planta entera, mazorca y caña.

FIGURE 5. Variations of the content of total protein in the entire plant, the ears, and the culms.

RESUMEN

En octubre de 1980, en la Estación Experimental Quilamapu, INIA (Chillán) y con el objeto de estudiar la variación en la acumulación de materia seca (a.m.s.), se efectuó la siembra de un ensayo con tres híbridos de maíz: INIA-8 (semiprecoz), P-3369A (semitardío) y G-4776 (tardío).

El diseño fue de parcelas divididas, con 4 repeticiones; las parcelas principales fueron los tres diferentes híbridos y las subparcelas fueron las 10 diferentes fechas de corte para cada híbrido.

Los parámetros de producción se ajustaron, por covarianza, a la densidad media de plantas para cada híbrido. La curva de respuesta fue del tipo: $\ln Y = a + b \ln X - cX$, en que Y es el parámetro respuesta y X días siembra — cosecha.

En los tres híbridos, la a.m.s. de la planta completa continuó más allá del estado de grano lechoso. El aporte de las mazorcas aumentó con la madurez de la planta, hasta llegar a constituir más de 60% de la m.s. total de la planta, en el momento de máxima acumulación. El contenido de proteína total en la planta completa tendió a estabilizarse después del estado de grano lechoso.

Las fechas óptimas de cosecha de los híbridos estudiados, para obtener la máxima producción en ensilaje, con un contenido de humedad apropiado para minimizar las pérdidas, fueron: híbrido semiprecoz, desde comienzos a mediados de marzo; semitardío, desde fines de marzo a comienzos de abril, y tardío, entre comienzos de abril y fines del mismo mes.

LITERATURA CITADA

- ALDRICH, S.R. y LENG, E.R. 1974. Producción moderna del maíz. Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. p. 263—264.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (AOAC). 1970. Official methods of analysis. 11th. ed. Washington, D.C. 526 p.
- BUNTING, E.S. 1976. Effects of grain formation on dry matter distribution and forage quality in maize. *Experimental Agriculture* 12: 417—428.
- CALDWELL, D.M. and PERRY, T.W. 1971. Relationships between stage of maturity of the corn plant at time of harvest of corn silage and chemical composition. *J. of Dairy Sci.* 54(4): 533—536.
- DAYNARD, T.B. and HUNTER, R.B. 1975. Relationships among whole-plant moisture, grain moisture, dry matter yield, and quality of whole-plant corn silage. *Canadian J. Plant Sci.* 55: 77—84.
- GENTER, C.E.; JONES, G.D.; and CARTER, M.T. 1970. Dry matter accumulation and depletion in leaves, stems, and ears of maturing maize. *Agronomy J.* 62: 535—537.
- McALLAN, A.B. and PHIPPS, R.H. 1977. The effect of sample date and plant density on the carbohydrate content of forage maize and the changes that occur on ensiling. *J. Agric. Sci.* 89: 589—597.
- PHIPPS, R.H. and WELLER, R.F. 1979. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize. 1. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *J. Agric. Sci.* 92: 471—483.
- VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE. 1969. Managing forages for animal production. 1949—1969. History and research findings. Virginia Forage Research Station, Middleburg, Virginia. Research Division Bulletin 45: 54—55.
- WEAVER, D. E.; COPPOCK, C. E.; LAKE, G. B. and EVERETT, R. W. 1978. Effect of maturation on composition and *in vitro* dry matter digestibility of corn plant parts. *J. Dairy Sci.* 61: 1872—1788.