

La nutrición mineral del maíz (*Zea mays*, L.). Estudio del contenido foliar de macronutrientes durante el ciclo vegetativo¹

César González O.² y Manuel Rodríguez M.³

INTRODUCCION

En el presente trabajo se ha aplicado el método de las variaciones sistemáticas de Homès en el cultivo del maíz y se ha investigado mediante el análisis foliar, la evolución de la concentración de los nutrientes a través de diferentes etapas del desarrollo de la planta.

La absorción de los nutrientes mayores, como respuesta a la aplicación de diversas mezclas salinas, se ha observado en hojas de dos posiciones diferentes y se ha estudiado en relación con el crecimiento y desarrollo de la planta.

Se ha estimado útil dar a conocer la metodología de las variaciones sistemáticas, ya que sus efectos foliares en muchos aspectos son muy semejantes a los obtenidos por otros autores con diseños aplicados trabajosamente durante varios años.

En numerosos artículos publicados (Homès, 1960, 1961, 1963, Homès y Van Schoor, 1952, 1961, 1964, 1966, Homès sostiene su tesis sobre la alimentación mineral denominada "Teoría de la nutrición equilibrada de los vegetales" que implica como expresión fundamental, que la interacción simultánea entre todos los nutrientes no puede ser desligada de la acción individual. En consecuencia, sostiene que es preciso que se produzca un equilibrio entre la intensidad de estos diversos efectos individuales, para que se manifieste un buen desarrollo de los vegetales.

El rendimiento global, según Homès, es función de tres tipos de roles que cumple en forma simultánea cada elemento nutritivo: uno químico, uno físico y uno de concentración y puede ser conocido a través de un procedimiento denominado "Método de las variaciones sistemáticas" (Homès, 1961), el cual permite, mediante un diseño simple y a corto plazo, conocer la composición óptima del abonado.

Esta teoría que se opone al punto de vista clásico, que considera la acción de cada nutriente mayor sobre el desarrollo de una planta en forma totalmente aislada para cada elemento, ha sido demostrada a través de numerosas experiencias, especialmente bajo condiciones de laboratorio (sustratos desprovistos de fertilidad) (Beckenbach *et al.*, 1936; Homès, 1936, 1947; Van Hoeck, 1958; Van Schoor, 1964) y aplicada en condiciones de campo por diversos investigadores (Nys y Hanotiaux, 1966; Martin-Prevel, 1961; Neirinckx, 1964; Van Schoor, 1964, Homès y Van Schoor, 1964, 1966, Sánchez de la Puente *et al.*, 1971).

Debido a que el objetivo del trabajo se limita a los aspectos foliares y no de evaluación de la fertilidad del suelo, no se consideró necesario la formulación del número de repeticiones indicadas por Homès.

MATERIALES Y METODOS

a) VARIEDAD

Se utilizó maíz híbrido MA 2, el cual fue sembrado en la temporada 1967-1968 en suelo Maipo en el fundo Camposano de Paine.

¹Recepción originales: 10 de enero de 1972.

²Dr. Ciencias Químicas. Profesor de Química Analítica, Sección Química Vegetal, Depto. de Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Univ. de Chile, Casilla 233, Santiago, Chile.

³Investigador de Química Vegetal.

b) CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo Maipo utilizado en este experimento es de origen aluvial depositado en planos o terrazas recientes, de topografía de plano uniforme, formado por sedimentos finos a medios sobre gravas de composición mixta. Presenta buen drenaje y está libre de erosión.

Es un suelo que se adapta a todos los cultivos de la zona, incluyendo cereales, chacras, pastos, hortalizas, viñas y frutales. (Alberto Valdés F., comunicación personal)¹.

c) PARCELAS

El campo de experiencias de aproximadamente 650 metros cuadrados, fue dividido en ocho parcelas con los siguientes tratamientos a saber: testigo, testigo con elementos trazas y fertilización predominantemente nitrogenada, azufrada, fosfatada, potásica y cálcica y magnésica. Estos últimos tratamientos se denominan, respectivamente, Variaciones N, S, P, K, Ca y Mg.

Cada parcela tuvo una superficie de 36 metros cuadrados, la cual fue sembrada en forma automática en ocho hileras con una distancia de 25 cm entre semillas y de 80 cm entre hileras. Corresponde a una densidad de siembra de 42.000 plantas/hectárea.

d) PLANIFICACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Basados en trabajos relacionados con este método (Homès, 1961) se establecieron las dosis de fertilización correspondientes a cada variación tanto aniónica como catiónica, considerando un nivel alto que se denomina $V = 0,667$ y niveles bajos que se denominan $v = 0,167$. Para las variaciones aniónicas, se mantuvo constante una composición catiónica igual a 25-50-25 (K = 25%, Ca = 50%, Mg = 25%). En la expresión de las variaciones catiónicas, por su parte, se mantuvo uniforme la composición aniónica, haciéndola igual a 38,8 - 44,5 - 16,7 (N = 38,8%, S = 44,5%, P = 16,7%).

La relación aniones/cationes utilizada fue de 1,5. Todas estas relaciones están calculadas a partir de los equivalentes-gramos de cada elemento.

¹Ing. Agr., M.S., Profesor Facultad Agronomía, Universidad de Chile.

Los tratamientos aplicados son consignados en el Cuadro 1.

e) RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Se tomaron muestras de las ocho parcelas experimentales a intervalos de 30 días después de la germinación. Se hicieron en total cuatro recogidas de hojas, comenzando el día 33 (recogida Nº 1) y finalizando 130 días después de la germinación (recogida Nº 4). Se escogió en cada oportunidad, la 2ª hoja a partir de la base de la planta que corresponde al 6º nudo de ella (2ª inferior). El día 66 (recogida Nº 2), se tomaron además muestras de la hoja bajo la mazorca superior que denominaremos 2ª superior.

De entre las 150 plantas que aproximadamente componen cada parcela, se escogió al azar 20 plantas ubicadas dentro de las seis hileras centrales.

f) OTRAS MEDICIONES Y OBSERVACIONES

En el transcurso del período de desarrollo se controló, además, en cuatro oportunidades, el crecimiento promedio de las plantas y las variaciones de peso fresco y seco de éstas.

Se llevó a efecto, asimismo, un cuidadoso control de los aspectos fitosanitarios y de manejo del cultivo.

g) TÉCNICAS ANALÍTICAS

Las hojas fueron lavadas, secadas a 65°C y, posteriormente, homogeneizadas y analizadas para determinar su contenido en los siguientes nutrientes: nitrógeno orgánico (Kjeldahl); fósforo (Colorimetría: azul de molibdeno en medio sulfúrico); azufre (espectrofotometría de absorción atómica; Roe, Miller y Lutwak 1966); potasio (fotometría de llama); calcio y magnesio (espect. de absorción atómica; Berry y Johnson, 1966).

RESULTADOS Y DISCUSION

1) PRODUCCIÓN OBTENIDA

Desde el punto de vista de producción se distinguieron en cada parcela tres tipos de plantas: aquellas que produjeron una mazorca, la cual denominamos s (simple); aquellas que produjeron dos mazorcas, que denominamos g (grande) y p (pequeña) y un tercer tipo de planta que no produjo mazorcas.

Cuadro 1 — Tratamientos aplicados en equivalente-gramo por hectárea.

Variación	N	S	P	K	Ca	Mg
	<i>equivalentes - gramos por hectárea</i>					
N	10.000	2.500	2.500	2.500	5.000	2.500
S	2.500	10.000	2.500	2.500	5.000	2.500
P	2.500	2.500	10.000	2.500	5.000	2.500
K	5.825	6.675	2.500	6.675	1.662	1.662
Ca	5.825	6.675	2.500	1.662	6.675	1.662
Mg	5.825	6.675	2.500	1.662	1.662	6.675

Tratamientos expresados en kilogramos por hectárea.

Variación	Salitre potásico	Salitre sódico	Super-fosfato triple	Fosfato sódico	Sulfato potásico	Sulfato de calcio	Sulfato de magnesio	Oxido de calcio	Cloruro de potasio
	812,4	52,2	128,6	2,4	—	—	148,5	93,2	—
	223,5	—	128,6	169,8	157,9	226,7	148,5	—	—
	223,5	—	514,3	2,4	—	—	148,5	—	134,8
	520,4	—	128,6	—	438,7	—	98,7	—	3,4
	520,4	—	128,6	1,9	—	341,0	98,7	—	4,6
	520,4	—	128,6	6,5	—	—	396,5	—	4,6

Micronutrientes constantes

bórax	3,495
sulfato cúprico	1,135
sulfato de manganeso	1,135
sulfato de cinc	0,454

El Cuadro 2 resume la producción en kilogramo de grano en una cosecha normalizada a 100 plantas de maíz por parcela.

Cuadro 2 — Cosecha normalizada expresada en kilogramos por 100 plantas.

Parcelas	Grano	%
N	21,00	132,4
S	13,26	83,6
P	14,21	89,6
K	17,66	111,4
Ca	17,64	111,2
Mg	13,47	84,9
Testigo con elementos trazas	15,30	96,5
Testigo	14,32	90,3
Promedio	15,86	

% = porcentaje en relación al valor promedio.

2) VARIACIONES EN ALTURA

En el gráfico de la Figura 1, que expresa una tendencia concordante en los cambios en altura y crecimiento de las diferentes parcelas experimentales a lo largo del ciclo vegetativo, se observa que el nitrógeno es uno de los elementos más utilizados dentro del grupo de nutrientes sintetizadores (Krantz y Melsted, 1964), y el potasio y magnesio en el grupo catiónico.

En la recogida N^o 1 se observa que las parcelas con tratamiento predominantemente nitrogenado y magnésico son las que han alcanzado mayor altura. Las parcelas testigo y K presentan un desarrollo parejo y ligeramente más bajo. En esta oportunidad, la parcela S exhibía un desarrollo disparejo y baja altura, presentando sus hojas ligeros síntomas de deficiencia de nitrógeno. Esta impresión fue confirmada en las recogidas N.os 2 y 3.

Esta última fecha correspondió a un desarrollo casi completo de las plantas, y la par-

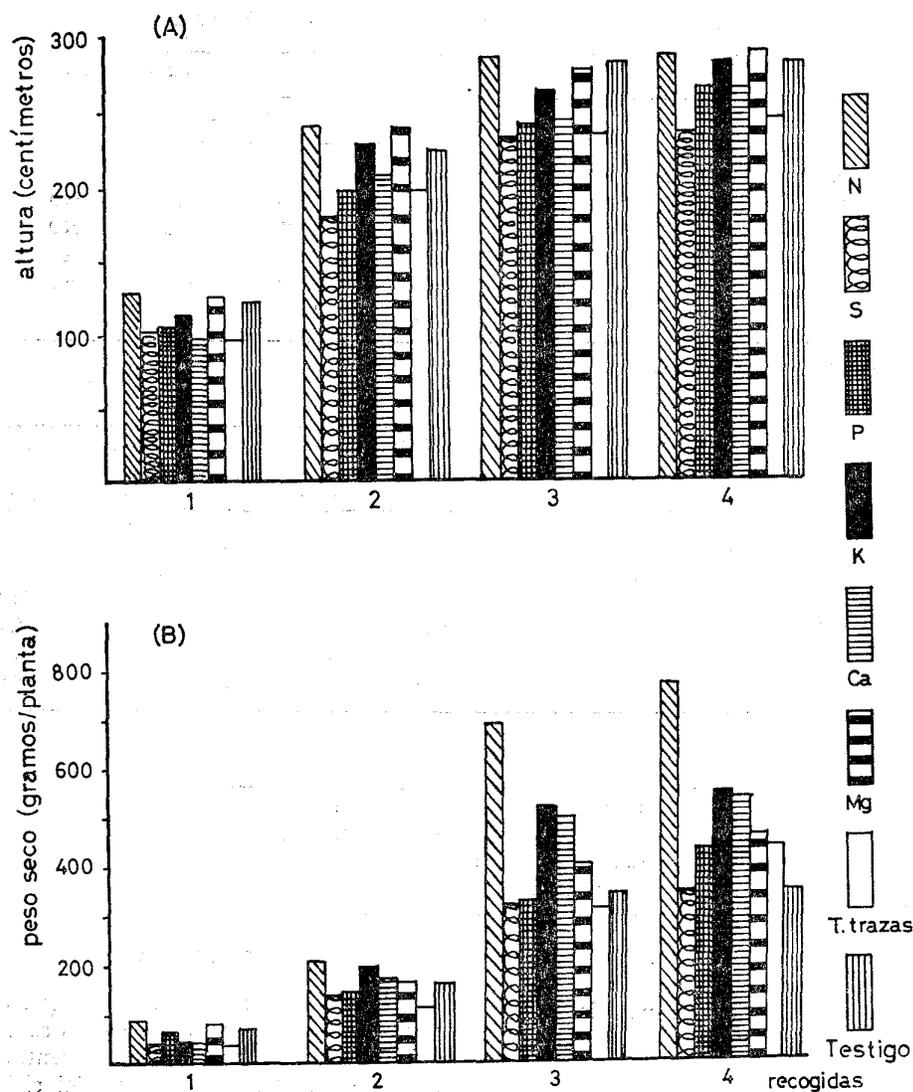


Figura 1

Altura (A) y peso seco (B) de plantas de maíz en cuatro épocas de recogidas durante su ciclo de desarrollo.

cela S, pese a ser una de las más bajas junto al testigo con elementos trazas, presentó entonces un desarrollo más parejo, pero bajo. La recogida N^o 4 ratificó lo anterior y destacó el mayor aprovechamiento de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.

3) VARIACIONES DEL CRECIMIENTO

La mayor altura relativa de las plantas de la parcela N se vio reflejada en una mayor

acumulación de material vegetal seco (Figura 1) siendo siempre mayor que la de las otras.

Las parcelas K y Ca acusaron una acumulación de peso seco menor que la N, pero bastante mayores que el resto de las parcelas. En la recogida N^o 4, las menores acumulaciones de peso seco corresponden a las plantas de las parcelas testigo y con tratamiento predominantemente azufrado.

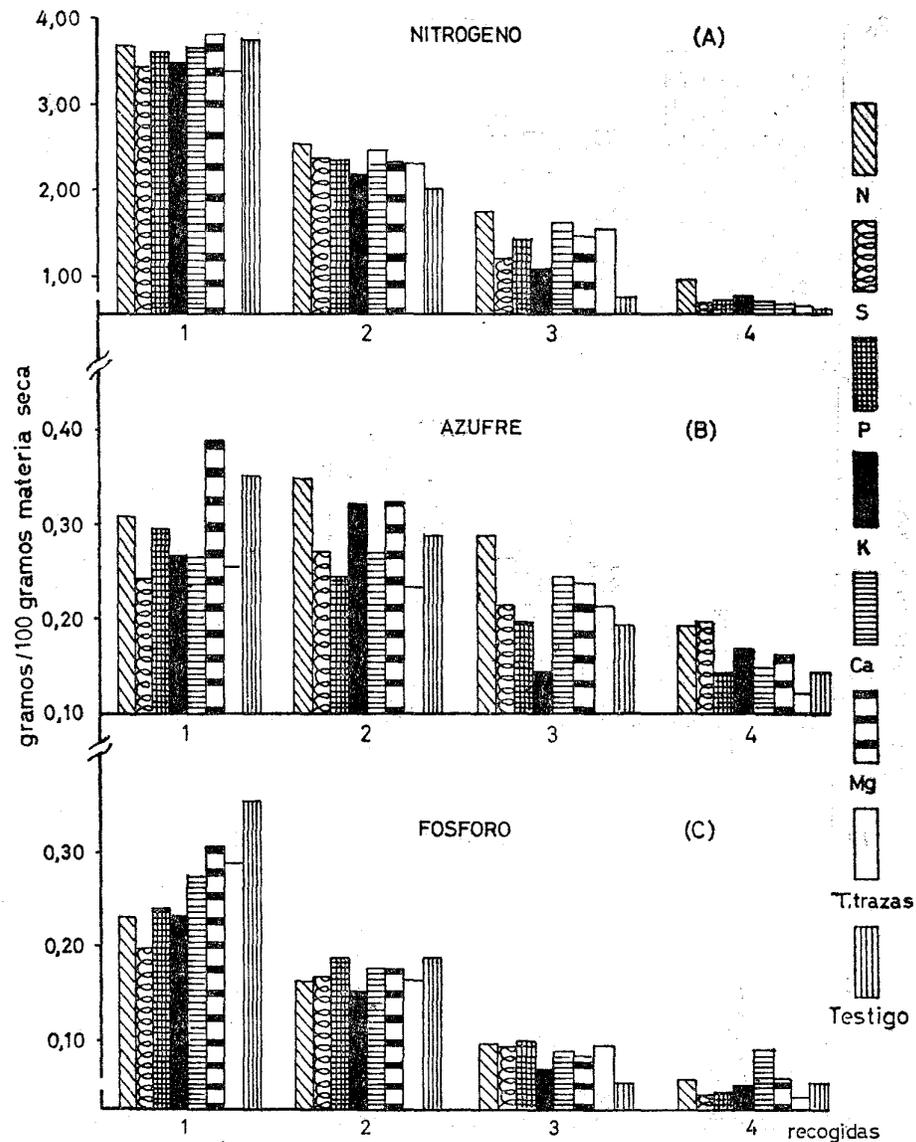


Figura 2 Concentración de nitrógeno (A), azufre (B) y fósforo (C) en hojas de maíz (2ª desde la base) en cuatro épocas de muestreo bajo distintos regímenes de fertilización

4) VARIACIONES ESTACIONALES DE LOS NUTRIENTES MAYORES

Las Figuras 2 y 3 representan las variaciones estacionales de los seis nutrientes considerados. Los resultados expresan la composición de la 2ª hoja a partir de la base de la planta en cuatro épocas de muestreo.

Nitrógeno

En las variaciones estacionales de este elemento llama la atención la similitud de los histogramas en las ocho parcelas experimentales. Estos decrecieron a medida que avanzó la estación. Se observa que la dependencia entre la acu-

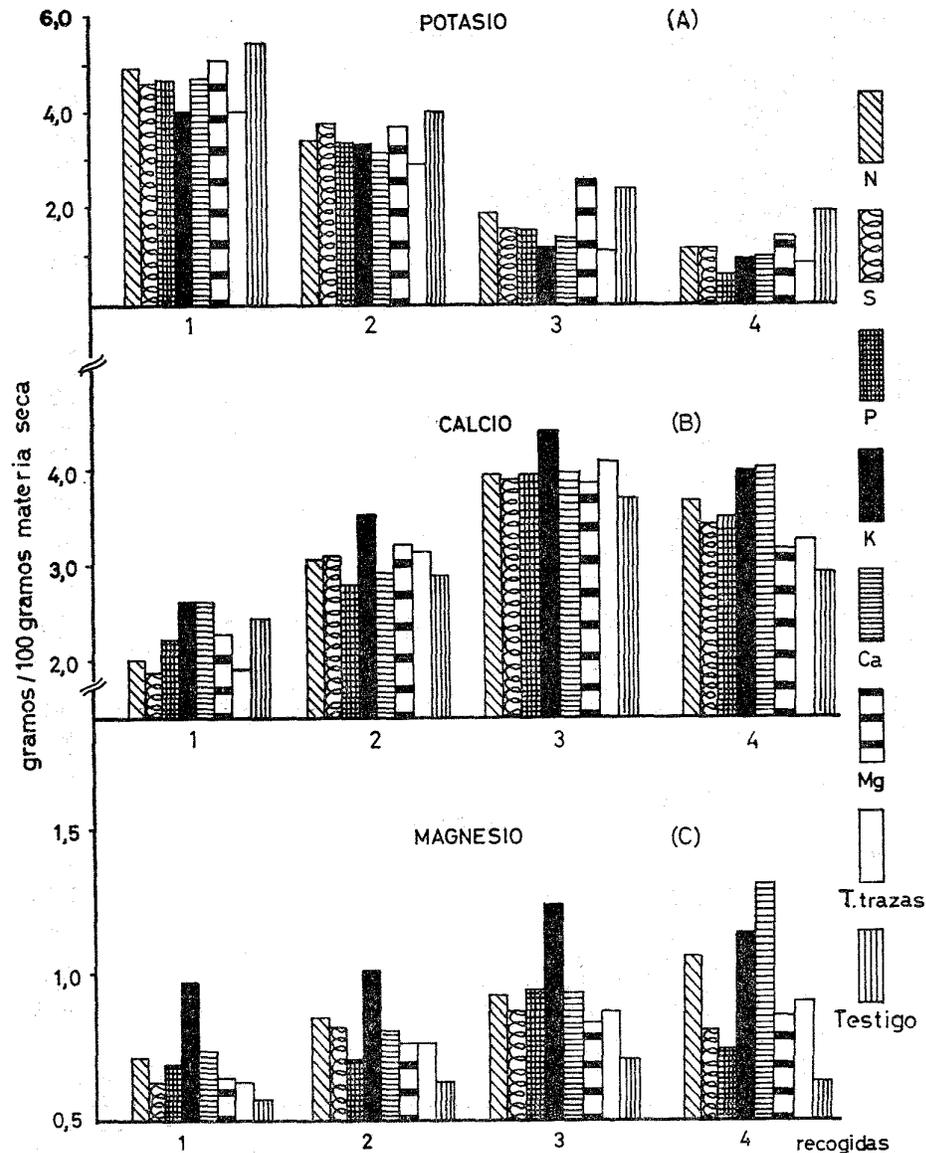


Figura 3

Concentración de potasio (A), calcio (B) y magnesio (C) en hojas de maíz (2ª desde la base) en cuatro épocas de muestreo bajo distintos regímenes de fertilización

mulación del elemento y el abastecimiento por el suelo, se manifestó ya en la recogida Nº 2; la parcela con tratamiento predominantemente nitrogenado acusó el más alto nivel de nitrógeno, el que conservaría hasta el término del ciclo, manteniendo las hojas con plena capacidad fotosintetizadora. En cambio, las parcelas que no recibieron

nutrientes mayores tuvieron una mayor movilización de nitrógeno al término del desarrollo. Esto se tradujo en una necrosis de hojas en la parcela testigo ya en los primeros días del mes de marzo (recogida Nº 3).

La distribución de nitrógeno en la recogida Nº 4 correspondió aproximadamente a las producciones obtenidas.

Azufre

El azufre, por su papel esencialmente metabólico (Carles y Magny, 1966), es un nutriente de gran movilidad. A diferencia de la evolución estacional del nitrógeno, hubo en éste evidente variabilidad.

Puede constatar que hubo un buen nivel de azufre en la mayor parte de la temporada en la parcela N. La influencia que tiene el azufre en biosíntesis y, sobre todo, en aquellas en que participa el nitrógeno, sugieren una buena relación N/S en esta parcela.

La parcela S presentó sólo al final de la temporada el mayor nivel de azufre entre las parcelas estudiadas.

Fósforo

Este nutriente presentó una distribución estacional muy semejante en las diferentes parcelas. Disminuyó rápidamente en la recogida N° 2 para hacerse más lento a medida que avanzó la estación.

El mayor contenido de fósforo en el suelo en la parcela P, se reflejó en las recogidas N.os 2 y 3, pero no en la recogida N° 4.

Potasio

Presentó una tendencia decreciente semejante a la del nitrógeno y el fósforo.

Llama la atención que la parcela testigo fue la que presentó casi siempre los mayores niveles de potasio a través de toda la temporada. Podría deberse a un efecto de concentración del elemento al tener este tratamiento una menor producción de materia seca.

Calcio

Por el hecho de formar parte de las paredes celulares, su variación estacional sigue una cinética opuesta a la seguida por el nitrógeno, fósforo y potasio.

La rapidez del crecimiento en el período comprendido entre mediados de enero (recogida N° 1) y hasta fines de febrero (casi hasta la recogida N° 3) se tradujo en un rápido aumento de los niveles de calcio en las hojas inferiores. En la recogida N° 4, la parcela Ca presenta el mayor nivel de calcio foliar.

Magnesio

Al igual que en el caso del potasio, la parcela con tratamiento predominantemente mag-

nésico no reflejó en las hojas la mayor concentración de este elemento en el suelo.

Por la forma de la variación estacional se podrían distinguir tres grupos bien diferenciados: uno de alto nivel de magnesio durante toda la temporada y que corresponde a la parcela K; un grupo intermedio formado por la mayor parte de las parcelas y, finalmente, aquel constituido por la parcela testigo que presentó los niveles más bajos durante la temporada. La distribución de magnesio en la recogida N° 4 en las diferentes parcelas se correspondió aproximadamente con las producciones que se obtuvieron.

5) COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS ELEMENTOS ENTRE HOJAS SUPERIORES E INFERIORES EN MUESTRAS RECOGIDAS 66 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN (RECOGIDA N° 2)

Se ha estimado de utilidad comparar las concentraciones de nutrientes en las hojas que han servido de base para este trabajo (2ª inferior) con aquellas que recomiendan varios investigadores (Hanway, 1962; Reichman *et al.*, 1959; Chapman, 1966; Jones, 1968 (2ª superior).

El Cuadro 3 expresa estos resultados en términos de gramos por 100 gramos de material vegetal seco.

El Cuadro 4 contiene los coeficientes de correlación (r) aplicados a los tipos de hojas y nutrientes estudiados.

Los valores de los Cuadros 3 y 4 muestran lo siguiente:

Nitrógeno

No existieron diferencias significativas entre los niveles alcanzados por este elemento en los dos tipos de hojas.

Azufre

Los niveles de la hoja inferior fueron apreciablemente superiores (1,7 — 3 veces) a los de la hoja de referencia. Su distribución no presenta una linealidad significativa.

Fósforo

Los niveles alcanzados por la hoja inferior, fueron siempre inferiores a los alcanzados por la hoja superior. Su distribución es altamente significativa ($P = 0,01$) estableciéndose la

Cuadro 3 — Efecto de diversos tratamientos fertilizantes sobre la concentración porcentual de elementos mayores en la 2ª hoja superior y la 2ª hoja inferior de maíz, recolectadas 66 días después de la germinación (recogida N° 2).

Tratamientos	Nitrógeno		Azufre		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	HS	HI	HS	HI	HS	HI	HS	HI	HS	HI	HS	HI
N	2,34	2,57	0,19	0,35	0,22	0,16	3,00	3,38	1,28	3,17	0,50	0,85
S	2,51	2,39	0,14	0,27	0,24	0,17	2,96	3,70	1,22	3,21	0,54	0,79
P	2,43	2,38	0,11	0,24	0,26	0,18	2,88	3,36	1,38	2,83	0,51	0,70
K	2,47	2,22	0,16	0,32	0,22	0,15	2,76	3,31	1,39	3,53	0,67	1,05
Ca	2,67	2,48	0,16	0,27	0,25	0,18	2,94	3,13	1,42	2,89	0,67	0,79
Mg	2,58	2,34	0,14	0,32	0,30	0,18	2,86	3,71	1,39	3,24	0,59	0,77
Testigo												
trazas	2,27	2,35	0,14	0,23	0,23	0,17	3,03	2,90	1,46	3,17	0,49	0,76
Testigo	2,15	2,05	0,10	0,29	0,29	0,19	3,19	4,00	1,35	2,90	0,48	0,60

HS = Hoja superior (2ª hoja a partir del ápice de la planta).

HI = Hoja inferior (2ª hoja a partir de la base de la planta).

Cuadro 4 — Coeficientes de correlación (r) y grado de significación de las concentraciones de macroelementos en la 2ª hoja superior y la 2ª hoja inferior.

Macroelementos	r
N	0,491
S	0,570
P	0,833 **
K	0,301
Ca	0,103
Mg	0,653 *

**P = 0,01.

*P = 0,05.

siguiente relación lineal entre ambas posiciones:

$$A = 1,98 B - 0,09$$

A = Concentración porcentual de fósforo en la 2ª hoja superior
 B = Concentración porcentual de fósforo en la 2ª hoja inferior.

Potasio

La acumulación de potasio fue casi siempre más alta en la hoja inferior presentando una baja correlación entre las dos posiciones:

Calcio

También la acumulación en este elemento fue notablemente mayor en la hoja inferior (2,4 veces), esto es de esperar ya que hay poca o ninguna translocación de calcio a medida que las hojas envejecen.

Magnesio

Este nutriente también alcanzó niveles superiores, aunque no muy pronunciados (1,4 veces) en la hoja inferior. Presenta un índice de correlación relativamente alto, con una probabilidad cercana a 0,05.

6) CALIDAD DE LA NUTRICIÓN MINERAL

Así como el análisis de los niveles es un buen índice del grado de absorción de los elementos esenciales, el análisis de las relaciones binarias da cuenta de la calidad de la nutrición, poniendo en evidencia las interrelaciones que se establecen entre éstos.

El Cuadro 5 da los valores de los coeficientes de correlación para cada una de las 15 interacciones binarias posibles entre los dos tipos de hojas estudiadas. En ella se ponen de manifiesto relaciones altamente significativas (P = 0,01) para los valores de las relaciones K/S, Mg/P, N/P y significativa (P = 0,05) para N/Mg; entre la 2ª hoja inferior y la 2ª superior.

Cuadro 5 — Coeficientes de correlación (r) y grado de significancia, entre las proporciones binarias de la 2ª hoja superior y 2ª inferior.

Relaciones binarias	r
N/S	0,154
P/S	0,604
K/S	0,818 **
Ca/S	0,252
Mg/S	- 0,158
K/P	- 0,179
Ca/P	0,580
Mg/P	0,845 **
K/Ca	0,535
K/Mg	0,619
Ca/Mg	0,677
N/P	0,894 **
N/K	0,282
N/Ca	0,208
N/Mg	0,701 *

**P = 0,01.

*P = 0,05.

7) DIAGNÓSTICO

Interpretando los resultados obtenidos a través del análisis de la hoja superior y de acuerdo con Hanway, 1962, Mac Kay y Leefe, 1962 y Norero *et al.*, 1972, puede señalarse que los niveles alcanzados por el nitrógeno están bajo el nivel crítico de 3,1% señalados por dichos autores, por lo cual puede esperarse un aumento lineal de la producción frente a un mayor aporte de nitrógeno.

Los valores de fósforo se encuentran por encima del 0,20% indicado por Norero *et al.*, 1972, como nivel más adecuado para la obtención de buenos rendimientos. La fertilización predominantemente fosforada, no produjo efectos sobre el rendimiento, siendo muy similar al de las plantas testigo.

Este efecto negativo es mayor a medida que el nivel foliar de fósforo se encuentra más alejado del valor crítico. En el caso de la parcela Ca, que sería una excepción, el alto nivel de fósforo está asociado a niveles

también altos de nitrógeno. Esta interacción ha sido descrita anteriormente por Hanway, 1962 y Norero *et al.*, 1972.

Los niveles de potasio, en todas las parcelas son muy superiores a los indicados como críticos (1,5 — 2%). El nivel de potasio en el testigo es el más alto de todos, produciéndose baja del nivel foliar en las plantas abonadas.

Los niveles de calcio y magnesio son muy superiores al promedio de 0,62% y 0,17% respectivamente, indicado por Chapman, 1966.

No existen referencias para el azufre.

CONCLUSIONES

La evolución del contenido de macronutrientes a través del desarrollo de la planta, fue similar para el nitrógeno, fósforo y potasio. Se produjo una elevación en el nivel de magnesio, aumento en la concentración de calcio y una distribución muy asimétrica en el azufre. De ahí que estimamos necesario correlacionar todos estos elementos durante el desarrollo de las plantas, para poder establecer períodos de recolección de muestras más adecuadas dando así la posibilidad de suplementar el sustrato nutriente con los elementos necesarios, de acuerdo con las relaciones aniónicas-catiónicas adecuadas.

El estudio comparativo de los niveles alcanzados por los seis elementos entre hojas de posiciones diferentes, indicó que: a) el nitrógeno se repartió homogéneamente en las hojas superiores e inferiores; b) Los nutrientes S, K, Ca, y Mg presentaron niveles superiores en las hojas bajas de la planta, y c) El P presentó mayor concentración en las hojas altas que las bajas, estableciéndose entre ambas posiciones una correlación altamente significativa.

Existieron relaciones lineales, altamente significativas, entre las proporciones binarias K/S, Mg/P, N/P, y N/Mg de ambas hojas en la recogida Nº 2, la cual coincide con la época de polinización.

RESUMEN

Se estudia en condiciones de campo, la acción de diferentes fórmulas combinadas de nutrientes mayores (N, S, P, Ca y Mg) sobre el crecimiento y producción del maíz. En base al análisis foliar se investiga la evolución de estos nutrientes a lo largo del ciclo vegetativo. Para el análisis se utilizan hojas de dos posiciones diferentes. El diagnóstico se hace en base a concentraciones de referencia y se destacan las correlaciones de niveles y de proporciones binarias entre los dos tipos de hojas en el período de floración.

SUMMARY

The effect of different fertilizer formulas on growth and yield of corn was studied. Using leaf analysis the evolution of these nutrients during the vegetative cycle was investigated. N, S, P, K, Ca and Mg were analyzed in leaves at two positions; the diagnosis was based on standard levels.

Stress was laid on correlations between upper and lower leaves of absolute nutrient content and relative contents of a pair of nutrients (binary relations), at the time of flowering.

LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

- BERRY, W. L. and JOHNSON, C. M. 1966. Determination of calcium and magnesium in plant material and culture solutions, using atomic absorption spectroscopy. *Appl. Spectry.* 20: 209-211.
- BECKENBACH, J. R., WADLEIGH, C. H., SHIVE, J. W. 1936. Nutrition studies with corn: I. A. statistical interpretation of the nutrient ion effect upon growth in artificial culture. *Soil Science*; 41: 469-489.
- CARLES, J. et MAGNY, J. 1966. Les anomalies de la répartition du soufre dans les végétaux. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 262: 1773-1776.
- CHAPMAN, H. D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California. Division of Agriculture Sciences 65. 793 p.
- HANWAY, J. J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility: II. Uptake of N, P and K and their distribution in different plant parts during the growing season. *Agron. J.* 54: 217-222.
- . 1962. III. Percentages of N, P and K in different plant parts in relation to stage of growth. *Agron. J.* 54: 222-229.
- HOMÈS, M. V. 1936. La perméabilité de la cellule végétale aux sels minéraux. *Archives de Biologie.* 47: 399-498. (Citas 1, 2, 3, 4, 5 y 6).
- . 1947. Toxicité, Antagonisme et Perméabilité. *Bul. Soc. Roy. Bot. Belg.* 79: 9-26.
- . 1960. Les interactions dans l'alimentation minérale des végétaux. *Acad. Roy. Belg. Bull. Cl. Sci.* 46 (5): 8-34.
- . 1961. L'alimentation minérale équilibrée des végétaux. *Universa-Wetteren (Belgique)*. v. 1. 298 p.
- . 1961. "Systematic" methods in the determination of nutrient requirements of plants. *Ann. Physiol. Végét. Univ. Bruxelles* 6 (3): 99-136.
- . 1963. The method of systematic variations. *Ann. Physiol. végét. Univ. Bruxelles* 8: 380-385.
- . 1966. Sulphur requirements in fertilizer by the method of systematic variation. *Soil Science*: 101 (4): 291-297.
- et VAN SCHOOR, G. H. J. 1952. L'alimentation minérale des végétaux: Note 4; *Bul. Soc. Roy. Bot. Belg.* 85: 135-146.
- et ———. 1961. L'alimentation minérale des végétaux: Note 5; *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* 93: 151-159.
- et ———. 1964. Expérimentation sur le tabac, par la méthode des variantes systématiques, portant sur huit éléments nutritifs, 6e Congr. Intern. Sc. Sol. Vol. A: 237.
- et ———. 1966. L'alimentation minérale équilibrée des végétaux. *Universa-Wetteren (Belgique)*. v. 2. 424 p.
- JONES, B. C. 1968. Soil testing and plant analysis. Part II, Plant analysis. 112 p.
- KRANTZ B. A. and MELSTED S. W. 1964. Nutrient deficiencies in corn sorghums and small grains. Hunger signs in crops. *Sprague H. B. III Ed.* 25-57.
- MAC KAY D. C. and LEEFE J. S. 1962. Optimum leaf levels of nitrogen, phosphorus and potassium in sweet corn and snap beans. *Plant Science* 42: 238-246.
- MARTIN -PREVEL, P. 1961. Potassium, Calcium et Magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée. *Institut Français de Recherches Fruitières Outre — Mer (J. F. A. C.) Fruit* 16 (2): 47-127 et 211-261.
- NEIRINCKX, L. 1964. Influence du milieu alimentaire (rapport anions/cations et dose totale) sur la composition minérale du cotonnier. *Ann. Physiol. Végét. Univ. de Bruxelles* 9 (5): 57-80.
- NYS L., HANOTIAUX G. 1966. Application de la théorie des variantes systématiques a la culture de la pomme de terre. *Bull. Inst. Agron. et Stat. Rech. Gembloux.* 28 (4): 389-417.
- NORERO, S. A., RODRÍGUEZ, J. HONORATO, R., URZÚA, H. y LIRA, J. E. 1972. Fertilización del maíz en la zona central de Chile. *Boletín N° 2. Depto. de Edafología. Fac. de Agronomía. Univ. Católica de Chile.*
- ROE, D. A., MILLER, P. S. and LUTWAK, L. 1966. Estimation of sulfur in biological materials by atomic absorption spectrometry. *Analytical Biochemistry* 15: 313-322.

- REICHMAN, G. A., GRUNES, D. L., CARLSON, C. W. and ALESSI, J. 1959. N and P composition and yield of corn as effected by fertilization. *Agron. J.* 51: 575-578.
- SÁNCHEZ DE LA PUENTE, L., SÁNCHEZ SANTOS, L. y MARTÍN CEA, M. 1971. Nutrición y fertilización del fresón de la "Sierra de Francia". Campaña 1968-69. *J. Estudio comparativo. Anal. Edaf. Tomo xxx. Nº 9-19*: 845-1030.
- VAN HOECK, F. 1958. Echange de cations entre fragments de tissu végétal et solution minérales. *Ann. Physiol. Végét. Univ. de Bruxelles.* 3: 1-45.
- VAN SCHOOR, G. H. J. 1964. Le rapport de la somme des anions a la somme des cations dans la plante de cotonnier en fonction de ce meme rapport dans la solution nutritive. *Plant analysis and fertilizer.* 4 (4): 297-306.