

ANALISIS FOLIAR EN PLANTAS DE MAIZ DE CULTIVO II. MICROELEMENTOS

SILVIA RATTO de MIGUEZ; NORA FATTA y MARIA del CARMEN LAMAS¹

Recibido: 18-01-91

Aceptado: 07-05-91

RESUMEN

Para conocer las concentraciones de zinc, cobre, hierro y manganeso en hojas de maíz de cultivo se tomaron muestras en lotes de producción ubicados en el área maicera núcleo. El procedimiento de toma de muestra y posterior tratamiento de las mismas se describe en la primera parte referida a macroelementos (Rev. Fac. de Agronomía, 12(1):23-30, 1991). Se determinó concentración de cobre, hierro, zinc y manganeso y se compararon los valores hallados con los de la bibliografía. En todos los casos resultaron ser mayores a los considerados críticos pero inferiores a los promedio. Con la fertilización nitrogenada aumentó la concentración de zinc en hoja no haciéndose evidente efecto alguno para los otros microelementos. La interacción P/Zn alerta sobre los riesgos de la fertilización fosforada en la búsqueda de aumento de los rendimientos sin considerar la provisión del resto de los elementos. El contenido de zinc y manganeso en hoja correlacionó positivamente con el rendimiento del cultivo en lotes testigo. En lotes fertilizados la correlación fue para el zinc.

Palabras clave: análisis foliar, maíz, micronutrientes, zinc, cobre, hierro, manganeso y molibdeno.

FOLIAR ANALYSIS IN FIELD-GROWN CORN. II. MICROELEMENTS

SUMMARY

Experience using foliar analysis for micronutrients was conducted to know field grown maize nutritional status in the Argentine corn belt. It consisted of non treated and N (urea) fertilized plots. Cooper, zinc, iron, manganese and molibdenum concentration were determined and evaluated by comparing it with data mentioned in bibliography. In all cases they were higher than critical levels but power than medium data. Nitrogen fertilizer increased zinc level in leave tissue but treatment didn't affect any other microelements concentrations. P/Zn relation was detected. It should be studied if P fertilization may affect other micronutrients supplies too. Leaves Zn and Mn concentration correlated positively with yields in the non treated plots. In fertilized soils was between Zn and yield.

Key words: foliar analysis, cooper, zinc, iron, manganese, molibdenum, corn.

Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía. UBA. Avda. San Martín 4453. -1417- Buenos Aires. Argentina

INTRODUCCION

El análisis foliar resulta sumamente interesante porque en él se ven reflejados toda una serie de mecanismos como la disolución del elemento, la absorción, la translocación, es decir, la relación suelo-planta, brindando un panorama de todo el sistema. Como método de diagnóstico para elementos menores se utilizó primeramente en plantas forestales y luego se aplicó a cultivos y pasturas. Los síntomas visibles de deficiencias no son en general una buena guía para detectar las deficiencias de microelementos ya que en ocasiones no aparecen hasta que las mismas son muy agudas. Los análisis de plantas ofrecen una vía de localización de áreas marginales en cuanto a la provisión de un nutriente, permitiendo desarrollar la tecnología necesaria antes de que las deficiencias tengan importancia económica.

Para proceder al análisis foliar en general, y específicamente para la planta de maíz, es necesario tener en cuenta los siguientes puntos: -toma de muestra, -preparación de la muestra, -análisis de laboratorio, -interpretación de los resultados. Todos estos aspectos han sido cuidadosamente tratados por numerosos investigadores, (Hardy *et al.*, 1967; Walsh y Beaton, 1973) siendo tal vez la interpretación del resultado la parte más compleja.

La posibilidad de efectuar un diagnóstico acertado está limitada por el volumen de información previa. Se debe conocer la composición "ideal" o habitual para una determinada especie en su rendimiento máximo. Esta composición puede variar entre amplios rangos, especialmente dentro de la zona de "consumo de lujo" sin que se vean afectados crecimiento o rendimiento. Según Melsted *et al.* (1969) los híbridos comerciales de maíz no difieren significativamente en su composición. El diagnóstico de deficiencia de un nutriente y la consecuente

recomendación a partir del análisis foliar, se basan en la concentración crítica de ese elemento o fracción del mismo dentro de la planta o en alguna parte de la misma a partir y por debajo de la cual el crecimiento o rendimiento del cultivo se ven restringidos (Bates, 1971). El valor crítico ha sido bastante discutido debido a que no toma en cuenta algunos factores importantes como las interacciones y la influencia del medio ambiente. Para superar estos inconvenientes Beaufils (1971) utilizó la relación entre la concentración de distintos nutrientes en hoja para calcular índices que permiten diagnosticar el estado nutricional de la planta. Estos índices se han usado principalmente para obtener aumentos de producción en programas regionales de fertilización foliar. El sistema recibe el nombre de DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System). Elwali *et al.* (1985) calcularon las relaciones de concentración óptimas para macro y microelementos con poblaciones de maíz de muy elevados rendimientos. Estas relaciones no se tuvieron en cuenta en este trabajo por la diferencia de rendimiento de los cultivos y se considera que es necesario obtener mayor información previa para aplicar el DRIS a microelementos.

Con el objetivo de contribuir a la formación de un banco de datos que permita posteriores interpretaciones de los datos obtenidos este trabajo puede ser desglosado en los siguientes temas:

a) Comparación de los valores de concentración de zinc, cobre, hierro manganeso y molibdeno con los niveles críticos citados en bibliografía.

b) Evaluación de la influencia de la fertilización nitrogenada sobre la absorción de Zn, Cu, Fe y Mn.

c) Determinación de interacciones entre macro y microelementos en hoja.

d) Relación entre composición foliar y rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

La toma de muestras, efectuada en la zona maicera núcleo (partidos de Colón y Salto) y primer tratamiento de las mismas, se efectuó tal como se describe en un trabajo previo (Ratto de Miguez et al., 1991).

Análisis químicos: sobre 1 g de muestra se efectuó un ataque ácido con una mezcla de HNO_3 , H_2SO_4 y HClO_4 (Jackson, 1964). En cada caso se llevó a volumen con agua deionizada y se leyó Cu, Zn, Fe, y Mn por espectrofotometría de absorción atómica en un Metrolab R.C. 25 AA. Para Mo se tomó una alícuota del digesto y se desarrolló la colorimetría con tiocianato de potasio y cloruro estannoso (Giuffrè de López Camelo et al, 1980). La extracción del complejo coloreado de molibdeno se efectuó con éter sulfúrico.

Análisis estadístico: se utilizó análisis de la varianza, de correlación y de regresión lineal para la comparación de datos e interpretación de resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro N°1 figuran los contenidos totales de Zn, Cu, Fe y Mn en las muestras compuestas obtenidas para la hoja superior de los lotes testigo y fertilizado y el rendimiento del cultivo. Si se comparan estos valores con los dados por Melsted et al. (1969) se advierte que el valor promedio de Zn obtenido en las muestras 1 y 2 está por debajo del contenido promedio y cercano al valor crítico. El mismo es de $15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para la hoja opuesta a la espiga que tiene siempre un contenido menor de Zn que la hoja por debajo de la panoja. Para las muestras 3 y 4 se está dentro del rango promedio y para la muestra 5 el cultivo estaría muy bien provisto

de este elemento. Considerando los lotes fertilizados con N, en todos los casos los valores de Zn subieron y estuvieron dentro del rango promedio propuesto por Melsted et al. Chapman (1966) cita valores obtenidos por Viets et al. (1953) de 14,6 a $15,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de Zn en materia seca para hoja de maíz en el sexto nudo a partir de la base y mostrando síntomas de deficiencia. Para hojas inferiores los valores son algo menores, de 9,0 y $9,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. En general, se considera que las deficiencias de Zn en hojas maduras se presentan cuando la concentración es menor de $20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en materia seca. El rango de concentración normal oscila entre 25 y $150 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. La concentración de Zn en hojas de maíz disminuye con la madurez (Gorsline, 1965) lo que hace más preocupante los datos de las muestras 1 y 2.

Con referencia al Cu, todos los valores hallados están por encima de $5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Oplinger y Ohlrogge, 1974) considerado crítico para maíz y para la mayoría de los cultivos, siendo ligeramente inferiores a los hallados por la bibliografía. La fertilización nitrogenada no introdujo cambios sustanciales en la concentración de Cu en hoja.

Para el Fe, Melsted et al. (1969) dan como valor crítico $25 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para la hoja opuesta a la espiga en floración. Los valores hallados son menores que los de bibliografía, especialmente para las muestras 1 y 2. Los datos obtenidos superan con amplitud el valor crítico y no se considera apropiado hacer mayores deducciones debido al elevado coeficiente de variación de los valores del Fe, no mejorado a pesar de la gran cantidad de repeticiones analítica efectuadas.

El Mn, aunque con valores más bajos que los de bibliografía, está lejos de la zona crítica. La disponibilidad de Mn, de acuerdo con Godo y Reisenauer (1980) está controlada por un efecto combinado de propiedades del

Cuadro N° 1: Concentración de Zn, Cu, Fe y Mn ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) para la hoja superior en lotes testigo y fertilizados y rendimiento del maíz (qq/ha).

Muestra Testigo	Zn ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		Cu ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		Fe ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		Mn ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)		Rendimiento qq/ha
	x (g)	CV %	x (g)	CV %	x (g)	CV %	x (g)	CV %	
1	20,48	3,13	6,99	6,2	35,05	55,9	30,86	17,0	32,32
2	24,41	16,20	9,00	5,5	47,00	-	43,3	13,1	37,58
3	36,30	34,80	10,83	18,60	60,00	19,60	34,70	8,8	38,48
4	31,83	28,90	10,10	16,60	41,00	21,70	32,40	11,90	38,80
5	69,50	15,60	7,40	29,30	33,00	58,00	74,00	37,70	67,23
Fertilizados									
1	35,5	1,60	6,83	40,30	43,77	15,2	39,16	9,7	47,12
2	29,79	25,90	9,37	5,80	38,75	87,00	35,10	9,3	51,07
3	33,60	14,30	8,80	3,20	56,00	2,50	43,00	3,30	58,18
4	45,00	7,70	13,00	20,40	47,00	5,60	23,30	17,80	59,44
5	73,80	4,60	11,50	65,00	31,00	36,60	39,00	2,60	69,28

(Cada valor es el promedio de tres muestras y cada muestra de tres repeticiones).

Cuadro N° 2: Concentración de microelementos en la hoja ubicada por debajo de la panoja (superior) y de la opuesta a la espiga (inferior) para las muestras de Colón en lotes testigos y fertilizados.

	Lotes testigo					Lotes fertilizados				
	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo
	$(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$					$(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$				
Hoja superior	69,50	7,4	37,2	74,0	1,70	73,83	7,5	33,0	63,0	2,16
Hoja inferior	25,93	7,6	66,0	39,0	1,45	28,6	19,0	86,6	45,3	1,15

(Cada valor es el promedio de tres muestras y cada muestra de tres repeticiones analíticas).

suelo, características de la planta e interacciones de las raíces con el suelo circundante, por lo que la absorción del Mn no resulta bien conocida ni fácilmente predecible. Parecería que el tipo y cantidad de exudados radicales son relevantes en la disponibilidad del mismo.

En el Cuadro N° 2 se presentan los valores de micronutrientes para la hoja opuesta a la espiga y la hoja superior, tanto de lotes testigo como de lotes fertilizados. Todos los valores están por encima de los

considerados críticos para igual hoja y estado fenológico (Melsted *et al.* 1969) pero son menores que los promedios citados. Jones (1972) sugiere que para ciertos nutrientes un mejor indicador de la situación nutricional del vegetal es conocer el gradiente de un elemento dado desde el ápice hacia la base que analizar sólo una porción de toda la planta. Gorsline *et al.* (1965) encontraron que el Zn en hojas de maíz disminuye con la madurez. Jones (1970) sostiene que la concentración de zinc es mayor en las hojas

Análisis foliar en plantas de maíz de cultivo. II. Microelementos

superiores, coincidiendo con los resultados aquí obtenidos.

Para el Cu no hay prácticamente diferencia entre ambas situaciones. Gorsline et al. (1965) encontraron que el Cu en plantas de maíz tendía a permanecer constante durante períodos prolongados y a ser más alto en hoja que en tallo, con menor concentración en hojas superiores. Jones (1970) encuentra al Cu - regularmente distribuido en hoja de maíz.

Melsted et al. (1969) obtuvieron en la porción apical de la planta un valor de Fe inferior en un 50% al de la hoja opuesta a la espiga. En el presente trabajo la tendencia fue la misma y la disminución fue del 56%. Para Jones (1967) esta disminución fue del 19%.

Gorsline et al. (1965) encontraron que la concentración de Mn en hojas de maíz tiende a disminuir con el desarrollo. Jones (1970) considera que la concentración de Mn varía de hoja en hoja, aumentando desde las inferiores hacia las superiores. Melsted et al. (1969), en cambio, presentan valores semejantes para las hojas 3, 7 y 10 en suelos encalados, con una disminución en el mismo sentido para suelos sin esa práctica. En la presente experiencia se coincide con Jones (1970) ya que el valor mayor se obtuvo para hoja superior.

La absorción de Zn para la hoja superior aumentó con la fertilización nitrogenada, siendo el test de "F" significativo ($P \leq 10\%$). Watanabe et al. (1965) consideran que el nitrógeno puede aumentar por sí mismo la absorción de Zn o por un mejor desarrollo radical. Otros investigadores han observado que las aplicaciones de N aumentaban la absorción del Zn nativo y del aplicado como fertilizante, especialmente cuando la fuente de N era $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Boawn et al., 1960). Para Cu, Fe y Mn no se midieron diferencias significativas.

Considerando la hoja superior e inferior en relación a la fertilización nitrogenada se observa un aumento de la concentración de Zn en ambas hojas. La hoja opuesta a la

espiga, para el Cu, registra un aumento de importancia y para el Fe y Mn las concentraciones de las hojas fertilizadas son algo más bajas para la hoja superior y más altas para la inferior.

Con referencia al molibdeno, su determinación en material vegetal es uno de los mejores índices de la disponibilidad en el suelo para las plantas (Gupta y Lipsett, 1981). En el presente estudio, tanto para los lotes testigo como para los fertilizados, los valores estuvieron por encima de los citados por la bibliografía como suficientes. En ambas situaciones la mayor concentración se presentó en la hoja superior.

La interacción de P/Zn se describe como una deficiencia de Zn inducida por una elevada disponibilidad de fósforo (Thorne, 1957; Olsen, 1972). Para analizarla se consideraron los valores de concentración de macroelementos obtenidos previamente (Ratto de Miguez et al., 1991). Cuando la relación P/Zn en hoja de lotes testigo se tomó como variable independiente y se regresó con el rendimiento del cultivo se obtuvo la ecuación que figura en el Cuadro N°3. El rendimiento fue máximo cuando la relación disminuyó y mínimo cuando la relación se aproximó a 150. Lora (1968) observó que cuando la relación P/Zn era mayor de 150 se presentaban síntomas de deficiencia de Zn en maíz. Warnock (1970) también con maíz encontró el máximo rendimiento con una relación P/Zn de 134. En los casos considerados tanto el P como el Zn en hoja acompañaron el aumento de rendimiento del cultivo, con un aumento de concentración aunque en distinta proporción. Payne (1986) trabajando con soja obtuvo una relación semejante entre rendimiento y relación P/Zn en hoja. Watanabe et al. (1965) trabajando con maíz y soluciones nutritivas encontraron que la correspondencia entre la relación P/Zn y el rendimiento dependía de los niveles de ambos elementos con que se trabajase y para los mayores rendimientos la tendencia era similar a la aquí medida. Giordano et al.

Cuadro N°3: Ecuaciones de regresión lineal simple para variables que presentaron índices de correlación estadísticamente significativos.

y:variable dependiente	z:variable independiente	Ecuación: a++ b.x	Probab.
Rendimiento	Relación P/Zn	y* 82,33-0,35x	1%
Concentración Cu	Concentración K (testigos)	y: 35,27-13,11	5%
Rendimiento	Concentración Zn	y: 17,39+0,69x	1%
"	" Zn (fertil.)	y:39,06+0,41x	10%

(1966) consideran que la relación P/Zn puede ser una medida del grado de nutrición con Zn ya que se ve afectada si el P u otro elemento se encuentra como limitante.

La concentración de Cu y K en los lotes testigo acusó una relación inversa. El aumento de concentración de K fue acompañado de una disminución de Cu y está expresado en una ecuación de regresión (Cuadro N°3). Para los lotes fertilizados el efecto se diluyó.

Un punto de particular interés es la posible relación entre composición foliar y rendimiento del cultivo. Tomando como variable dependiente al rendimiento se efectuaron análisis de regresión lineal simple con las variables independientes Zn y Mn, que habían presentado un coeficiente de correlación significativo ($P \leq 1\%$). Ambas relaciones fueron positivas y con una significancia del 1% (Cuadro N°3).

Con respecto al Cu, sus valores de concentración variaron mucho menos que los de los otros micronutrientes y no se relacionaron con el rendimiento. Gorsline *et al.* (1964) sostiene que la concentración de Cu en la parte aérea de la planta se encuentra genéticamente controlada. La toxicidad por Cu no es detectable por medio del análisis foliar (Baker y Chesnin, 1975). Para el Fe no se encontró relación entre concentración vegetal y rendimiento.

Para los lotes fertilizados la relación entre rendimiento y Zn se mantiene pero se hace menos nítida (Cuadro N°3). Giordano *et al.* (1966) encontraron que la absorción de Zn y N correlacionaba con el aumento de

rendimiento en el cultivo de maíz.

Si bien los datos obtenidos del análisis foliar no permiten elaborar conclusiones definitivas por su escaso número, se presentan tendencias que no se pueden ignorar. La asociación del Zn y Mn con el rendimiento del cultivo merece ser estudiada con mayor detenimiento, como asimismo la relación P/Zn y Cu/K. Se considera particularmente interesante, además, reexaminar los datos bajo otra óptica, la del DRIS, que permitiría, al introducir el concepto de balance, reconsiderar las posibles interacciones entre macro y microelementos.

El hecho de que la composición foliar en maíz sea relativamente uniforme para híbridos comerciales conocidos y de que la muestra 5 que correspondió a un rendimiento considerado elevado para la campaña y zona, haya estado para casi todos los nutrimentos por debajo de los promedios citados por la bibliografía, podría estar indicando que el cultivo ha crecido por debajo de su potencial, especialmente para aquellos elementos como el Zn que aumentan la concentración con el rendimiento.

Si las prácticas de manejo incluyen la fertilización con N, es importante estudiar el efecto de este nutrimento sobre el Zn, ya que está comprobado que la aplicación de N por diferentes fuentes acarrea cambios en la concentración de N y de Zn y que la eficiencia del N aplicado y del Zn, en caso de aplicarse, son interdependientes, especialmente cuando las dosis son las óptimas.

Análisis foliar en plantas de maíz de cultivo. II. Microelementos

CONCLUSIONES

Los valores de concentración de Zn, Cu Fe y Mn encontrados fueron en todos los casos superiores a los niveles críticos de concentración de bibliografía pero menores que los promedios.

Con la fertilización nitrogenada aumentó la concentración de zinc en hoja, sin que hubiese efecto evidente sobre alguno de los

otros microelementos.

La interacción P/Zn detectada alerta sobre los riesgos de la fertilización fosforada en la búsqueda de aumento de los rendimientos sin considerar la provisión del resto de los elementos.

El contenido de Zn y Mn en hoja correlaciona positivamente con el rendimiento del cultivo en lotes testigo. En lotes fertilizados la correlación fue para el Zn.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BAKER, D.E. and L. CHESNIN. 1975. *Chemical monitoring of soils for environmental quality and animal and human health. Advances in Agronomy*, 27:306-375. Ed. N.C. Brady. Academic Press. New York.
- 2) BATES, T.E. 1971. *Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation. Soil Sci.*, 112:116-130.
- 3) BEAUFILS, E.R. 1971. *Physiological diagnosis. A guide to improving maize production based on principles developed for rubber trees. Fertilizer Soc. South Africa J.*, 1:1-30.
- 4) BOAWN, L.C.; F.G. VIETS Jr.; C.L. CRAWFORD and J.L. NELSON. 1960. *Effect of nitrogen carrier, nitrogen rate, zinc rate and soil pH on zinc uptake by sorghum, potatoes and sugar beets. Soil Sci.*, 90:329-337.
- 5) CHAPMAN, H.D. 1966. "Zinc". En *"Diagnostic criteria for plant and soil"*. Ed. D.H. Chapman. Riverside, California. 484-499 pp.
- 6) ELWALI, A.M.O.; G.L. GASCHO and M.E. SUMNER. 1985. *Dris norms for 11 nutrients in corn leaves. Agron. J.*, 77:506-508.
- 7) GIORDANO, P.M.; J.J. MORTVEDT and I. PAPENDICK. 1966. *Response of corn (Zea mays L.) to zinc, as affected by placement and nitrogen source. Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30:767-770.
- 8) GIUFFRE de LOPEZ CAMELO, L.; D. BARRANDEGUY de TIRABOSCHI; Z.M. de SESE and I. MIZUNO. 1980. *Determinación de molibdeno extractable en algunos suelos argentinos. Estudio comparativo de dos métodos. Agrochimica* 24, (2-3):213-221.
- 9) GODO, G.H.; H.M. REISENAUER. 1980. *Plant effects on soil manganese availability. Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:993-995.
- 10) GORSLINE, G.W.; D.E. BAKER and I.N. THOMAS. 1965. *Accumulation of eleven elements by field corn (Zea mays L.). Penn State Agr. Exp. Sta. Bull.* 725
- 11) GUPTA, U.C. and J. LIPSETT. 1981. *Molybdenum in soils, plants and animals. Advances in Agronomy*, 34:73-115.
- 12) HARDY, G.W.; A.R. HALVORSON; J.B. JONES; R.D. MUNSON; R.D. ROUSE; T.W. SCOTT and B. WOLF. 1967. *Soil testing and plant analysis. Part 2. SSSA. N°2 Madison, Wisconsin, USA.*
- 13) JONES, J.B. Jr. 1970. *Distribution of 15 elements in corn leaves. Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1:27-34.
- 14) JONES, J.B. Jr. and H.V. ECK. 1973. *Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. En "Soil Testing and Plant Analysis"*. Ed. Walsh, L.M. and J.D. Beaton. SSSA Inc. Madison, Wisconsin, USA.

- 15) LORA, S.R. 1968. Availability and distribution of zinc and other micronutrients cations in the corn plant as influence by phosphorus fertilization. M.S. Thesis Nort Carolina University, 124 pp.
- 16) MELSTED, S.W.; H.L. MOTTO and T.R. PECK. 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agron. J.*, 61:17-20.
- 17) OLSEN, S.R. 1972. Micronutrients interactions. En "Micronutrients in Agriculture" Ed. Mortvedt, J.J.; P.M. Giordano, N.L. Lindsay. *Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin*, 243-264 pp.
- 18) OPLINGER, E.S. and A.J. OHLROGGE. 1974. Response of corn and soybeans to field application of copper. *Agron. J.*, 66:568-571.
- 19) PAYNE, G.G.; M.E. SUMNER and C.O. PLANK. 1968. Yield and composition of soybeans as influenced by soil pH, phosphorus, zinc and copper. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 17:157-273.
- 20) RATTO de MIGUEZ, S., M. del C. LAMAS and E. CHAMORRO. 1991. Análisis foliar en plantas de maíz de cultivo. I. Microelementos". *Rev.Fac. Agronomía*, 12(1):23-30, 1991.
- 21) THORNE, W. 1957. Zinc deficiency and its control *Adv. Agron.*, 9:31-65.
- 22) WALSH, L.M. and J.D. BEATON. 1973. *Soil Testing and Plant Analysis*. SSSA, Inc. Wisconsin, USA.
- 23) WARNOCK, R.E. 1970. Micronutrient uptake and mobility within corn plant (*Zea mays L.*) in relation to phosphorus-induced zinc deficiency. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:765-769.
- 24) WATANABE, F.S.; W.L. LINDSAY and S.R. OLSEN. 1965. Nutrient balance involving phosphorus, iron and zinc. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29:562-565.