

# IMPORTANCIA DE LOS MECANISMOS DE INTERCEPCION RADICAL, FLUJO MASAL Y DIFUSION DE Ca, Mg, K Y P EN PLANTAS DE MAIZ EN SUELOS PAMPEANOS

Nilda M. Arrigo y Marta E. Conti (1)

Recibido: 21/3/85  
Aceptado: 1/11/85

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es cuantificar el movimiento producido por algunos iones (calcio, magnesio, fósforo y potasio) y las posibles vías de entrada a la planta, en suelos de la región maicera de la pradera pampeana, para poder así perfeccionar la selección o creación de metodologías de evaluación y diagnóstico de la fertilidad edáfica.

Se observó que en calcio y magnesio los mecanismos de abastecimiento de mayor importancia fueron flujo masal e intercepción radical, en tanto que en potasio y fósforo fue la difusión.

## SIGNIFICANCE OF ROOT INTERCEPTION, MASS FLOW AND DIFUSION PROCESSES OF Ca-Mg-K AND P IN CORN PLANTS OF THE PAMPA REGION

### SUMMARY

The scope of this work is to quantify the movement of some ions (Ca-Mg-P-K) and uptake mechanisms in soils of the corn region of the Pampa, to be able to improve the selection or creation of methodology for evaluation and diagnosis of soil fertility.

Mass flow and root interception were the main processes for Ca and Mg, K and P were mostly supplied by diffusion.

## INTRODUCCION

El concepto de fertilidad de un suelo se refiere entre otras consideraciones, a la capacidad que tiene el mismo de proporcionar al vegetal los elementos necesarios para su desarrollo. El parámetro queda limitado a la relación suelo-planta.

Surge de ello que el diagnóstico de la fertilidad, dependerá del conocimiento de los fenómenos que rigen la dinámica de un ión entre el suelo y la planta.

Es indudable que este abastecimiento no sólo dependerá de la cantidad y forma en que se encuentren los iones, sino de su dinámica en la solución del suelo.

Distintos autores han propuesto varios

---

1) Docentes del Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires, Argentina.

mecanismos para explicar este movimiento que se realiza desde la solución del suelo hasta su llegada a las raíces (Barber, 1962, Barber *et al.*, 1963) y establecieron que existen tres vías de suministro de iones a la planta, las cuales son definidas como: Intercepción radical, Flujo masal y Difusión.

En la intercepción, la causa de la llegada del nutrimento a la planta, es el contacto que se produce al crecer la raíz por los poros del suelo durante el progreso de su alargamiento.

En flujo masal, la planta absorbe iones como consecuencia de diferencias de potencial hídrico entre la superficie de la raíz y el del suelo.

Otro mecanismo a tener en cuenta es el de difusión que se presenta cuando en la raíz se produce una menor concentración de iones que origina una diferencia de gradientes significativa con los del resto de la solución del suelo. En estas condiciones se produce un movimiento donde el o los iones se movilizan en dirección a las raíces y penetran en la planta.

Es indudable que cada uno de estos mecanismos depende de varios factores, entre ellos: la especie considerada, la dotación de iones en el suelo, la demanda de la planta, las condiciones ambientales, el ciclo del cultivo, etc.

La finalidad de este trabajo es cuantificar la importancia de estos mecanismos (intercepción radical, flujo masal y difusión) en el abastecimiento de calcio, magnesio, potasio y fósforo para plantas de maíz, en algunas series de suelos de la región maicera de la provincia de Buenos Aires.

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue realizado en invernáculo (noviembre de 1983), con cuatro series de suelo del núcleo de la zona maicera del país, identificadas como Rojas, Pergamino, Delga-

do y Hughes, (INTA, 1974) clasificados como argiudoles típicos y cuyos datos analíticos respectivos se presentan en el Cuadro 1.

Los suelos fueron introducidos en macetas de plástico de aproximadamente 3.500 g las cuales contenían cuatro plántulas de maíz híbrido.

Estas fueron acondicionadas en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y dos testigos por cada suelo.

Durante el cultivo los suelos permanecieron a capacidad de campo, estas condiciones se efectivizaron diariamente por diferencia de peso.

Luego de catorce días las plantas se cortaron a ras del suelo y se secaron en estufa a 60°C durante 72 horas.

Para obtener el volumen de las raíces, éstas se separaron del suelo, se lavaron en un tamiz, se secaron con papel absorbente, y se pesaron inmediatamente. Considerando que la densidad específica en estas condiciones es 1,0 g por centímetro cúbico (Hallmark *et al.*, 1981), el peso se relacionó directamente al volumen.

En las muestras de suelo se efectuaron los análisis para evaluar los contenidos de calcio, magnesio y potasio intercambiable, con la metodología del acetato de amonio 1N pH 7 (Richter *et al.*, 1982).

El valor del fósforo intercambiable en suelo fue obtenido por el uso de resinas intercambiables (López Camelo *et al.*, 1982).

Para cuantificar los iones de la solución del suelo, se procedió a extraer la misma desde condiciones de saturación hasta una tensión de 5 atmósferas, por medio del método de la membrana de Richards (Richards, 1941; Adams, 1977).

Las determinaciones de calcio, fósforo, magnesio y potasio en el tejido vegetal fueron realizadas en el extracto luego de una digestión húmeda con una mezcla de ácidos (sulfúrico, nítrico y perclórico). Los métodos analíticos empleados fueron para calcio y magnesio determinación espectrofotométrica por absorción atómica, para potasio la fotometría de llama y para fósforo la colorim-

CUADRO 1: Caracterización química y física de los suelos.

Serie	Ct %	Nt %	P extractable (B-K) (ppm)	Cationes miliequivalentes por 100 g									
				pHa	pHp	CIC	Ca	Mg	K	Na	Σ cat	% sat.	
Rojas	1,7	0,124	22,40	5,80	4,80	20,0	11,5	3,1	2,0	0,43	17,0	85	
Pergamino	1,4	0,130	15,40	5,80	4,80	15,5	9,0	2,4	1,7	0,17	13,3	85	
Delgado	2,3	0,200	29,40	5,70	4,80	18,2	10,8	2,8	2,4	0,17	16,2	89	
Hughes	1,6	0,150	9,60	5,80	4,90	17,0	9,0	2,5	2,0	0,22	13,7	80	

Serie	Clasificación	Textura (1)			Humedad equivalente (%) (2)	Densidad g/cm <sup>3</sup> (3)
		Arena %	Limo %	Arcilla %		
Rojas	Argiudol típico	38	44 franco	18	21,8	1,37
Pergamino	Argiudol típico	29	51 franco limoso	20	19,76	1,37
Delgado	Argiudol típico	36	46 franco	18	22,66	1,04
Hughes	Argiudol típico	32	49 franco	19	20,77	1,23

(1) Bouyocos, 1962.

(2) Mizuno *et al.*, 1978.

(3) Obtenido de la relación masa suelo seco/volumen de macetas.

metría usando la reacción del complejo que se forma entre los fosfatos y el ácido sulfomolibdico, reducido con ácido ascórbico (Jackson, 1976).

**Cálculo de los distintos mecanismos de abastecimiento**

Los datos y resultados analíticos necesarios para el cálculo de los mecanismos se presentan en los Cuadros 2, 3 y 4.

La intercepción radical, se determinó por la cantidad de iones intercambiables contenidos en un volumen de suelo igual al volumen de raíces (Cuadros 2 y 3).

El cálculo de flujo masal, se realizó multiplicando la cantidad de agua que consumieron las plantas por la media de las concentraciones de los iones de la solución del suelo con y sin cultivo (testigo) (Cuadros 2 y 4).

La intervención de la difusión, se estimó restandose la cantidad de iones absorbidos por la planta a los calculados por intercepción radical y flujo masal.

**CUADRO 2: Producción de materia seca (parte aérea), volumen de raíces y cantidad de agua absorbida por maceta después de 14 días de crecimiento (los datos presentados son promedio de 4 repeticiones).**

Serie	Materia seca (g)	Volumen de raíces cm <sup>3</sup> /maceta	Cantidad de agua absorbida por las plantas (ml) (*)
Rojas	1,24	2,69	213,0
Pergamino	1,36	3,65	157,5
Delgado	1,71	3,12	188,0
Hughes	1,49	3,53	124,2

(\*) suma de la cantidad de agua que se agregó diariamente en los 14 días de ensayo, descontándose el agua de las macetas testigo (sin maíz).

**CUADRO 3: Datos de iones en suelos antes del cultivo (promedio de 4 repeticiones).**

Serie	Iones Intercambiables con Acetato de amonio 1N pH 7			Fósforo intercambiable (ppm)
	Ca (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	
Rojas	2.300	372	782,0	22,4
Pergamino	1.800	288	664,7	15,4
Delgado	2.160	336	938,4	29,0
Hughes	1.800	300	782,0	9,6

**CUADRO 4: Iones de la solución del suelo con y sin maíz (testigos). Cada valor representa el promedio de 4 repeticiones para suelos con cultivo y dos para los testigos.**

Serie		Ca (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	P (ppm)
Rojas	Testigo	79	52	43,2	0,50
	Maíz	74	35	38,9	0,34
Pergamino	Testigo	98	50	45,6	0,62
	Maíz	88	44	41,7	0,46
Delgado	Testigo	140	45	38,4	0,31
	Maíz	130	35	22,5	0,23
Hughes	Testigo	260	63	52,8	0,27
	Maíz	212	60	34,5	0,29

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se incluye la cantidad de iones totales en plantas y los mecanismos de

abastecimiento calculados. El comportamiento de las cuatro series de suelo es similar en cuanto a la cantidad de nutriente absorbido, como a la importancia de los distintos mecanismos calculados.

El nutrimento más absorbido por el maíz es el potasio. Le siguen en orden decreciente el calcio, luego el magnesio y finalmente el fósforo, representando éstos aproximadamente 10-5 y 4 por ciento del valor de potasio en planta.

En cuanto a los mecanismos calculados, en el mismo gráfico se muestra la tendencia de los distintos iones.

En calcio y magnesio los datos de abastecimiento por intercepción y flujo masal igualan o superan la cantidad realmente absorbida, de manera tal que no puede ser cal-

culado el mecanismo de difusión (diferencia entre la suma de los demás y el total del ión en la planta). El calcio presenta valores de intercepción que llegan a ser igual o aún mayor que el total del ión en planta, esto se repite en flujo masal, representando 200 a 400 por ciento más de su contenido total. En magnesio ellos representan 20 y 200 por ciento, respectivamente, del total en planta.

Las cantidades calculadas en potasio y fósforo se mantienen en proporciones menores a las tomadas por el maíz. Ambos iones manifiestan en difusión el principal mecanis-

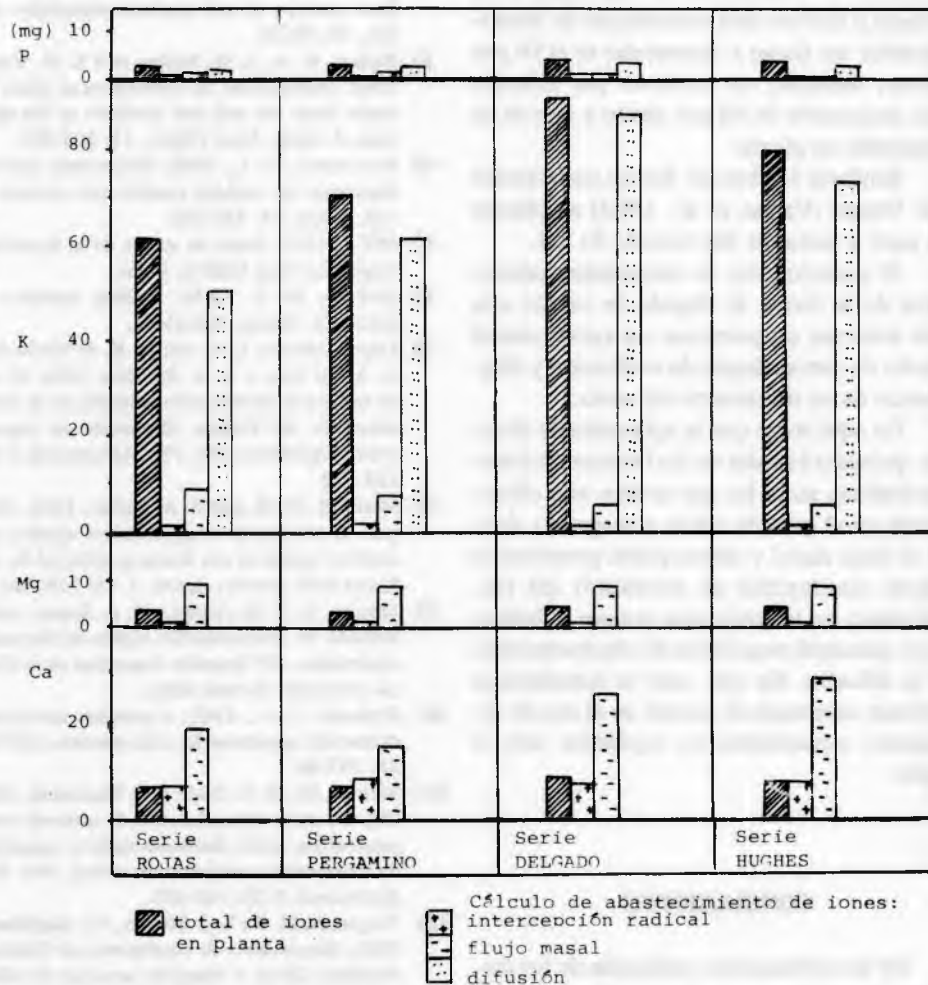


Figura 1: Total de iones en planta de maíz y cálculo de los distintos mecanismos de abastecimiento.

mo de abastecimiento, siguiéndole en orden decreciente flujo masal y luego intercepción. Las estimaciones porcentuales sobre el total del potasio en planta son aproximadamente del 2 por ciento en intercepción, 8 por ciento en flujo masal y 90 por ciento en difusión. En el fósforo esos mecanismos representan 2 por ciento para intercepción y flujo masal y 95 por ciento para difusión.

Este panorama general muestra la distinta oportunidad de abastecimiento que presentan cada uno de los iones. Para el caso de calcio y magnesio se evidencia la facilidad de proporcionar iones para la planta por los mecanismos de intercepción y flujo masal. Para potasio y fósforo esos mecanismos de abastecimiento no llegan a representar ni el 10 por ciento, debiendo ser cubierto por difusión una proporción de 90 por ciento o más de su contenido en planta.

Similares tendencias fueron encontradas por Vargas (Vargas *et al.*, 1983) en plantas de maíz y suelos de Rio Grande do Sul.

El conocimiento de mecanismos estimativos de la forma de llegada de un ión a la raíz deberían proporcionar un aporte más al diseño de metodologías de evaluación y diagnóstico de un nutrimento del suelo.

De aquí surge que la aplicación de técnicas químicas basadas en los fenómenos intercambiables, serán las que actúen más eficazmente en el caso de calcio y magnesio, donde el flujo masal e intercepción presentan la mayor oportunidad de suministro del ión. Asimismo no lo serán para potasio y fósforo cuyo principal mecanismo de abastecimiento es la difusión. En este caso la metodología química acentuará su acción en el uso de soluciones extractantes en equilibrio con el suelo.

### CONCLUSIONES

De las estimaciones realizadas de los distintos mecanismos de abastecimiento para plantas de maíz se obtiene que en calcio y

magnesio la mayor importancia está dada por flujo masal e intercepción radical; mientras que para potasio y fósforo resulta ser la difusión.

### BIBLIOGRAFIA

- 1) Adams, F., 1971. Soil Solution. En Caron, E. W. ed. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia, pag. 441-481.
- 2) Barber, S. A., 1962. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.*, 93: 39-49.
- 3) Barber, S. A.; J. M. Walker and E. H. Vasey, 1963. Mechanisms for movement of plant nutrient from the soil and fertilizer to the plant root. *J. Agric. Food Chem.*, 11: 204-207.
- 4) Bouyoucos, G. L., 1962. Hidrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron.* 54: 464-465.
- 5) INTA, 1974. Carta de suelos de la República Argentina; hoja 3560-2, Rojas.
- 6) Jackson, M. L., 1976. Análisis químico de suelo. Ed. Omega. Barcelona.
- 7) López Camelo, L. G. de; D. B. de Tiraboschi; A. M. de Sese y L. A. Barberis, 1982. El uso de resinas de intercambio aniónico en la determinación del fósforo disponible en algunos suelos argentinos. *Rev. Fac. Agronomía*, 3 (2): 165-172.
- 8) Markhall, W. B. and S. A. Barber, 1981. Root growth and morphology, nutrient uptake, and nutrient status of soy beans as affected by soil K and bulk density. *Agron. J.* 73: 779-782.
- 9) Mizuno, I.; N. M. Arrigo y H. A. Svartz, 1978. Método de determinación rápida de Humedad equivalente. 8º Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires.
- 10) Richards, L. A., 1941. A pressure membrane extraction apparatus for soil solutions. *Soil Sc.* 51: 377-86.
- 11) Richter, M.; M. E. Conti y G. Maccarini, 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables, acidez intercambiable y capacidad de intercambio catiónico en suelos. *Rev. Fac. Agronomía* 3 (2): 145-155.
- 12) Vargas, R. M. B.; E. J. Meurer, e I. Anghinoni, 1983. Mecanismos de suprimento de Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio as raízes de Milho em solos do Rio Grande do Sul. *R. Brasileira de Ciencia do Solo*, 7 (2): 143-148.