

INFORMACIONES AGRONOMICAS



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 9

● OCTUBRE 1992

CONTENIDO

	Página
Las raíces : Pasado, Presente y Futuro	1
Máxima explotación del rendimiento genético potencial de la palma aceitera en el sur de Tailandia.	4
Manejo y uso del suelo	8
Realmente tienen mejor sabor los productos orgánicos	10
Resumen de investigación reciente	11
Cursos y Simposios	13
Publicaciones de INPOFOS	14

Editor: Dr. José Espinosa

LAS RAICES: PASADO, PRESENTE Y FUTURO*

INTRODUCCION

Las raíces de las plantas son la principal fuente de absorción de nutrientes y agua. Son importantes además para el anclaje de la planta al suelo, así como para la síntesis de reguladores del crecimiento y metabolitos fotosintéticos para el crecimiento y mantenimiento de la raíz. Esta revisión destaca la importancia de las raíces de las plantas en la absorción de nutrientes, área en la cual el autor tiene experiencia de muchos años. Debido a la gran cantidad de información disponible se discuten los más significativos avances del pasado y el presente y se indican los nuevos avances que potencialmente se desarrollarán en el futuro y que podrían contribuir al mejor conocimiento del rol de las raíces en el crecimiento de las plantas.

ABSORCION ACTIVA Y PASIVA

Desde la década de los 40, las investigaciones en raíces se han apoyado en el uso y disponibilidad de isótopos radioactivos. El uso del isótopo ^{32}P y el uso del isótopo ^{86}Rb , para simular K, han sido de valiosa ayuda en investigaciones sobre absorción de P y K.

Fisiólogos vegetales (Luttge y Putnam, 1962) usaron isótopos para estudiar los mecanismos de absorción de nutrientes en plantas de cebada de 8 días de edad y determinaron que algunos nutrientes, P y K por ejemplo, requieren energía fotosintética para ser adsorbidos dentro de las raíces y para ser translocados hacia la parte aérea de la planta. El uso de inhibidores de la fotosíntesis o la baja temperatura detuvieron la absorción de P y K por las raíces.

Este tipo de absorción fue llamado **absorción activa** debido a que la energía de la respiración era necesaria para facilitar la absorción.

* Condensado de: Barber, S. 1992. *Roots - Past, Present and Future. Proceedings of the roots of plant nutrition conference. PPI, PPIC, FAR. Champaign, Illinois. July 8-10, 1992.*

Otros nutrientes como el Ca y Mg fueron absorbidos a pesar del uso de inhibidores fotosintéticos o baja temperatura, por lo tanto, la energía no fue necesaria para la absorción de estos nutrientes, por lo cual se denominó **absorción pasiva**.

Cuando la absorción fue activa, la tasa de absorción (ingreso) se incrementó con la concentración del nutriente en la solución en forma curvilínea hasta llegar a un punto de máxima absorción formando una curva del tipo Michaelis-Menten como se muestra en la Fig. 1.

En esta figura, I_{max} es igual a la tasa máxima de absorción, la cual se incrementa con la concentración de nutrientes en la solución. K_m es la concentración donde el ingreso es la mitad de I_{max} , y C_{min} es la concentración en la solución donde el ingreso es cero. Asher et al. (1965) han demostrado la misma relación para plantas intactas cultivadas en solución nutritiva en un rango de concentración de nutrientes. Los valores de I_{max} , K_m y C_{min} pueden ser usados para caracterizar la absorción de nutrientes de las raíces de diferentes especies de plantas cultivadas en diferentes condiciones.

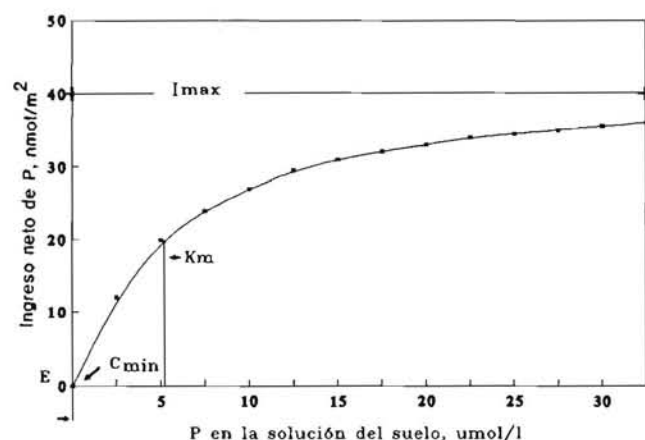


Fig.1. Relación entre la concentración de P en la solución en la vecindad inmediata de las raíces y la absorción de P por unidad de superficie de raíz (Barber, 1984).

DIFUSION Y FLUJO DE MASAS

El principal interés es la absorción de nutrientes del suelo. En las décadas de 1950 y 1960 se usaron isótopos radiactivos para demostrar que la difusión en el suelo hacia la planta era un proceso importante en la absorción de P y K. El P se marcó con ^{32}P y se usó ^{86}Rb para estudiar la absorción de K. Un suelo marcado con ^{86}Rb , para demostrar el movimiento del K (un ion muy similar), se colocó en recipientes delgados y transparentes y se sembraron plantas indicadoras. Un lado del recipiente tenía una capa de plástico negro (mylar). En el interior del contenedor se colocó una película de rayos X y al dejar los contenedores en la oscuridad por un lapso

apropiado de tiempo, se logró una auto radiografía la cual demostró el efecto de las raíces de las plantas en la distribución de ^{86}Rb en el suelo. La auto radiografía mostró que la difusión es un proceso importante en el movimiento de Rb y K a la raíz. Similares auto radiografías se hicieron con ^{32}P . Por otro lado, las auto radiografías con ^{45}Ca demostraron acumulación de Ca alrededor de la raíz debido al flujo de masas indicando que el Ca se mueve a la raíz con el movimiento de la solución del suelo como resultado de la absorción de agua por la raíz.

Cuando ocurre una gradiente de concentración de nutrientes en el suelo, por ejemplo entre una concentración baja de P en la superficie radicular debido a absorción por las raíces y un alto nivel lejos de la raíz, el P se moverá lentamente hacia la raíz por difusión debido al movimiento aleatorio de los iones. Por lo tanto existe un movimiento neto de nutrientes hacia la raíz debido a la diferencia en concentración.

El desarrollo del concepto anterior combinado con el concepto de flujo de masas (que es el movimiento de nutrientes que ocurre con el flujo de agua a la raíz), permitieron determinar los mecanismos principales de disponibilidad de nutrientes (Barber, 1962). Si el flujo de masas no supe las necesidades de la planta, la absorción de nutrientes reduce la concentración de la solución del suelo en la vecindad de las raíces y esto crea una gradiente de concentración, con la consecuente difusión de iones de la zona de mayor concentración hacia la zona de menor concentración en la raíz.

MODELO MECANISTICO DE ABSORCION

Un importante avance en la determinación de los principios de absorción de nutrientes, ocurrió con el desarrollo del modelo mecanístico que describe los procesos de absorción (Brewster et al, 1976; Claassen and Barber 1976). El modelo determina absorción al combinar matemáticamente tres procesos que determinan absorción. Estos procesos son: (1) La geometría y longitud de la raíz y su incremento con el tiempo; (2) La tasa de absorción de nutrientes por unidad de superficie radicular en relación con la concentración de nutrientes en la solución en la superficie radicular; (3) La tasa de movimiento de nutrientes por flujo de masa y difusión hacia la superficie radicular (Barber 1984). Se usa un computador para calcular numéricamente los resultados. La concentración de nutrientes en la solución del suelo en la inmediata vecindad de las raíces depende del balance entre la absorción de las raíces en relación con la concentración de nutrientes (Fig.1) y la tasa de nutrientes que llegan a la raíz por flujo de masas y difusión.

El modelo asume que los nutrientes pueden absorberse solamente de la solución del suelo y a medida que la

concentración se reduce, los nutrientes en la fase sólida se mueven a la solución. El hecho de que existe una estrecha relación entre la absorción pronosticada por el modelo y la absorción observada al analizar la planta, indica que las premisas que asume el modelo son correctas. La Fig.2 demuestra la relación entre absorción medida de P de maíz cultivado en macetas en varios suelos y la absorción asumida por el modelo. Experimentos en el campo han demostrado estrecha relación entre absorción calculada y absorción observada.

La absorción depende del área de la superficie de las raíces, la cinética (velocidad) de absorción por las raíces y la tasa de suplemento de nutrientes a las raíces por medio de flujo de masas y difusión.

Conociendo que el modelo mecanístico ha predicho la absorción de nutrientes en muchos experimentos (Barber, 1984), se puede usar el modelo para predecir lo que sucedería con la absorción de nutrientes cuando se cambia uno o más parámetros del modelo, mientras los otros se mantienen constantes.

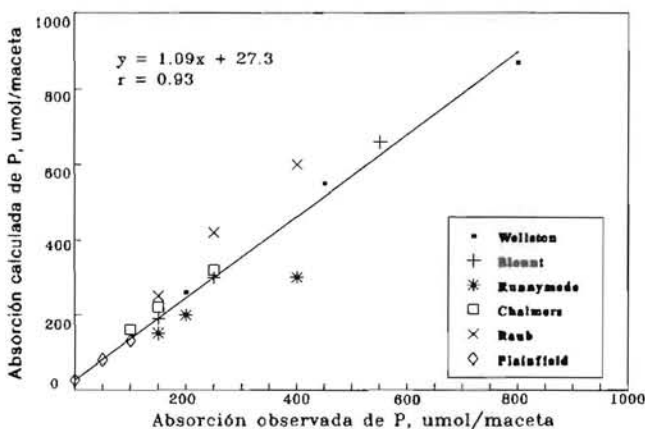


Fig. 2. Relación entre la absorción de P predicha por el modelo mecanístico de absorción de nutrientes y la absorción de P observada mediante análisis de la planta (Barber, 1984)

FUTURO DE LA INVESTIGACION EN RAICES

Existe un gran futuro en lo que respecta a la investigación en raíces principalmente en la búsqueda de plantas con raíces más eficientes en la absorción de nutrientes del suelo. Los progresos que se puedan lograr en el futuro estarán centrados alrededor de los siguientes aspectos:

- Uso de biotecnología para desarrollar plantas con sistemas radiculares que puedan crecer bien en condiciones adversas.
- Sistemas radiculares que tengan mayor habilidad para crecer extensivamente en el área fértil del suelo.
- Raíces que tengan pelos absorbentes finos y largos

donde esta condición sea beneficiosa.

- Raíces en los cultivos como el maíz y el trigo que puedan desarrollar nódulos para fijar N atmosférico.
- Modelos para predecir los niveles de agua y temperatura en el suelo en relación con la temperatura del aire y la precipitación de modo que los datos climatológicos se puedan utilizar para predecir la distribución del crecimiento de la raíz.
- Modelos mecanísticos de absorción de nutrientes más elaborados para investigar problemas adicionales raíz-suelo. Diagramas de sensibilidad que usen estos modelos podrían predecir las áreas más importantes donde es necesaria investigación.
- Plantas que tengan raíces que puedan penetrar suelos de alta densidad.
- Plantas que tengan raíces de mayor cinética de absorción cuando la concentración de nutrientes en la solución es alta.
- Plantas con raíces que incrementen o disminuyan la dependencia del pH de la rizósfera en relación a la disponibilidad de nutrientes.

BIBLIOGRAFIA

- Luttge, U. and M.G. Putnam. 1976. Encyclopedia of Plant Physiology. Nw Series Vol. 2B. Springer Verlag. Berlin.
- Asher, c. J., P.G. Ozanne and J. F. Loneragan. 1965. A method for controlling the ionic environment of plant roots. Soil Sci. 100:149/156.
- Barber, S.A. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. John Wiley & Sons, New York, NY.
- Barber S.A. 1978. Growth and nutrient uptake of soybeans under field conditions. Agron. J. 70: 457-461.
- Barber S.A. 1962. A diffusion and mass flow concept of soil nutrient availability. Soil Sci. 93: 39-49.
- Brewster, J.L., K.K.S. Bhat, and P.H. Nye. 1976. The possibility of predicting solute uptake and plant growth response from independently measured soil and plant characteristics. Plant and Soil 44: 295-328.
- Claassen, N., and S.A. Barber. 1976. Simulation model for nutrient uptake from soil by a growing plant root system. agron. J. 68: 961-964.
- Mengel, D.B. and S.A. Barber. 1974. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. Agron. J. 66: 399-402.
- Warncke, D.D. and S.A. Barber. 1988. Significance of temperature and precipitation for maize root distribution in the field. Plant and Soil 106: 9-14.
- Zhang, Jiancai and S.A. Barber. 1992. Maize root distribution between phosphorus fertilized and unfertilized soil. Soil. Soc. Amer. J. 56