

EL CLORO EN LA NUTRICION DEL COCO Y LA PALMA ACEITERA

H.R. von Uexkull (1)

INTRODUCCION

El color (Cl) ha sido reconocido recientemente como uno de los nutrientes esenciales para la planta. Aun cuando Noble y Licgert (14) reportaron ya en 1863 que el trigo no maduraba bien cuando el Cl no estaba presente en la solución del suelo, no es sino hasta 1954 que se incluyó finalmente al Cl en la lista de los elementos esenciales para el crecimiento de la planta (2). Aun después de esta fecha, científicos notables no dieron importancia a la posibilidad de que la falta de Cl podía restringir el crecimiento del cultivo bajo ciertas condiciones naturales (8).

Para que un elemento sea considerado esencial para el crecimiento de la planta debe cumplir con los siguientes tres criterios básicos (1):

- Se debe probar que el elemento es absolutamente requerido por las plantas para completar un ciclo completo.
- No puede ser reemplazado o substituido por ningún otro elemento.
- El efecto en la planta debe ser directo.

Estas reglas estrictas, combinadas con el hecho que el Cl desempeña muchas funciones similares a las de K^+ , explican parcialmente la continua controversia acerca de su papel y necesidad en la producción comercial de alimentos.

Como la mayoría del Cl^- aplicado a los cultivos es en forma de KCl los efectos del Cl^- pueden ser opacados por el K^+ . Desde inicios de la década de 1970 existe creciente evidencia que demuestra la respuesta al Cl^- de un amplio rango de cultivos, bajo diferentes condiciones de clima y de suelo. Al momento existe muy poca duda de que ocurren respuestas considerables en el campo, pero debido a que el Cl^- no ha sido estudiado por mucho tiempo, no se ha establecido muy bien el porque estas respuestas ocurren. En algunos cultivos, especialmente en coco, palma aceitera y kiwi, el requerimiento del Cl^- para máximo rendimiento puede a veces ser más alto que las necesidades de los elementos mayores.

EL CLORO EN EL SUELO

El Cl^- es un constituyente menor de la litósfera (3). Es altamente móvil en suelos que van desde ligeramente ácidos a alcalinos. En suelos ácidos tropicales, que a menudo

tienen una significativa cantidad de carga variable dependiente del pH, se puede retener una apreciable cantidad de Cl^- especialmente en el subsuelo. La cantidad de Cl^- disponible para los cultivos que crecen en suelos bien drenados depende principalmente de cinco factores:

- Depositiones atmosféricas, las cuales van desde 2 hasta más de 200 kg/ha de Cl^- dependiendo de la proximidad de los océanos y las condiciones prevalentes del viento.
- Cantidad e intensidad de lluvia (lixiviación).
- La cantidad de Cl^- retenido por los sitios de intercambio aniónico (en suelos ácidos).
- Cantidad de Cl^- en los fertilizantes aplicados (KCl, NH_4Cl).
- Cantidad de Cl^- en el agua de irrigación.

ABSORCION Y TOLERANCIA AL CLORO

La absorción del Cl^- por las raíces de las plantas es un proceso activo que requiere energía (11). La absorción de Cl^- es muy rápida. La aplicación de KCl a cocos deficientes tanto en K^+ como en Cl^- dió como resultado un significativo incremento en la concentración de Cl^- en un mes, mientras que tomó más de cuatro meses antes que ocurriera un incremento medible en la concentración de K^+ (25).

La absorción y acumulación de Cl^- en las plantas disminuye con la presencia de altas concentraciones de NO_3^- , SO_4^{2-} y viceversa. Además, un incremento en la concentración de Cl^- en los tejidos de la planta es acompañado frecuentemente por un incremento en la suma de cationes. Sin embargo, cuando el incremento de iones Cl^- beneficia la absorción de Ca^{2+} , la absorción de K^+ disminuye (21).

La aplicación de fertilizantes que contienen Cl^- tiende a incrementar la absorción de manganeso por las plantas. En suelos ácidos el Cl^- tiende a disminuir la absorción de boro mientras que lo contrario sucede en suelos alcalinos. En general el Cl^- tiende a reducir el N total en los tejidos de las plantas pero en coco se observa el efecto contrario (23).

La tolerancia y requerimiento de Cl^- varían ampliamente dentro de especies y aún entre cultivares de la misma

(1) DIRECTOR Potash and Phosphate Institute, Singapur.

Artículo presentado en el 14 Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo. Kyoto, Japón, 1990.

especie (12). Por ejemplo, las fresas, fréjol, cebolla, zanahoria y rábano son extremadamente sensibles al Cl^- . Por el contrario el algodón, remolacha azucarera, cebada, olivo, palma de aceite, coco, dátiles y kiwi son los más tolerantes.

Ciertos cultivares parecen tener la capacidad de restringir el transporte de Cl^- a la parte superior de la planta a través de un mecanismo en las raíces. Por ejemplo, al comparar cultivares de soya susceptibles y tolerantes se encontró que la concentración de Cl^- en las hojas de los cultivares susceptibles fue 18 veces más alta (17). En la mayoría de las plantas, los síntomas de deficiencia aparecen cuando la concentración de Cl^- en los tejidos está en el rango de 70 a 700 ppm (12). En coco y kiwi los síntomas de deficiencia se exhiben a concentraciones de Cl^- mucho más altas (12, 24).

PAPEL DEL CLORO EN LAS PLANTAS

A: Funciones Bioquímicas Esenciales

1. Fotosíntesis

Se requieren pequeñas cantidades de Cl^- para la evolución de oxígeno durante la fotosíntesis (4). La mayoría del Cl^- se concentra en los cloroplastos. La concentración de Cl^- en los cloroplastos parece permanecer relativamente constante sin importar si las plantas se cultivan en un medio con niveles de deficiencia o exceso de Cl^- (12). La concentración de Cl^- requerida para la fotosíntesis puede variar por un factor de hasta 25 entre especies diferentes. Por ejemplo, las halófitas requieren de alrededor de 250-500 mM de Cl^- para la óptima evolución fotosintética del oxígeno, mientras que el maíz, tabaco y espinaca requieren solamente de 10-20 mM de Cl^- (12). Aun cuando se desconoce el mecanismo, existe evidencia de que el enlace del Cl^- a las membranas es necesario para activar la enzima que facilita la evolución del oxígeno (5).

2. Activación de enzimas.

El Cl^- es requerido para la activación de por lo menos tres enzimas que son amilasa, esparaginasa sintetasa y ATPasa (13, 18, 9), pero es muy probable que el Cl^- se encuentre envuelto en la activación de muchas otras enzimas.

B: Funciones Benéficas

Aparte de las funciones esenciales que el Cl^- tiene como nutriente también tiene un amplio rango de efectos altamente benéficos en el crecimiento de la planta y en la resistencia al estrés y enfermedades. Para estas funciones los requerimientos de Cl^- pueden ser tan altos como los de los nutrientes mayores.

1. Funciones osmóticas.

La habilidad del Cl^- para moverse rápidamente a través de las membranas celulares combinadas con su relativa baja reactividad bioquímica hacen que el Cl^- sea particularmente adecuado para servir de soluto en la ósmosis de la planta.

La acumulación de Cl^- y otros solutos disminuye el potencial osmótico intercelular incrementando de esta forma la hidratación y la turgencia de la célula. Después de tres horas de estrés de agua, la turgencia de hojas de coco adecuadamente suplidas con Cl^- fue de alrededor del 78% del valor inicial mientras que en los cocoteros deficientes había disminuido a solamente 31% (6).

De igual manera, el transporte de Cl^- a través de otras membranas celulares contribuye al balance osmótico de varios organelos celulares.

2. Actividad de los estomas.

El intercambio de gases a través del estoma es una precondición para la fotosíntesis. El estoma se abre cuando un flujo de agua hace que las células guardianes se hinchen. El agua fluye a las células en respuesta al incremento de la concentración de solutos. Los principales solutos en el proceso son K^+ , Cl^- y malato. Mientras que el malato es sintetizado dentro de la célula, tanto el K^+ como el Cl^- vienen del exterior.

Las diferentes especies difieren ampliamente en la magnitud del uso de Cl^- como soluto. La cebolla tiene un requerimiento absoluto de Cl^- (20) mientras que los fréjoles usan principalmente malato (15).

Se sugirió en el pasado que el coco y la palma de aceite, como la cebolla, no tenían almidones en sus células estomatales y que ésta sería la razón del requerimiento específico de Cl^- . Estudios más recientes de los estomas de la cebolla, maní, palma de aceite y coco sugieren que diferencias anatómicas podrían ser parcialmente responsables de la mayor necesidad de Cl^- de la palma de aceite y coco (6,7).

Los estomas de la cebolla consisten de solamente dos células guardianes. Los estomas del maní tienen cuatro células, dos células guardianes y dos células de soporte mientras que los estomas de la palma de aceite y el coco consisten de seis células, dos células guardianes y cuatro células de soporte de los cuales dos son laterales y dos polares (6).

La clorofila está presente en las células guardianes de las cuatro especies pero las células estomatales de la palma de aceite y el coco no fueron tan fluorescentes como el maní y la cebolla. El almidón estuvo presente en todas las células estomatales excepto en las cebollas.

La apertura de los estomas en el maní no modificó la distribución del Cl^- mientras que en la cebolla, el coco y la palma de aceite el Cl^- se acumula en las células guardianes del estoma abierto. En la palma de aceite y el coco el Cl^- se mueve a las células de soporte cuando se cierra el estoma ayudando a mantener su turgidez. De esta manera, en la palma de aceite y el coco, el Cl^- parece tener una doble función en el movimiento de los estomas. Más aún, la formación de malato en palma de aceite y coco parece ser dependiente de la presencia de Cl^- (6).

3. Tasa de multiplicación celular.

La deficiencia de Cl^- reduce la tasa de multiplicación celular en las hojas reduciendo de esta manera su crecimiento (22).

4. Supresión de enfermedades.

Por lo menos 15 diferentes enfermedades foliares y de raíz en 10 diferentes cultivos han sido significativamente reducidas en severidad o eliminados con adiciones de Cl^- (3). A continuación se enumeran las posibles razones:

a. Inhibición biológica.

Las adiciones de Cl^- pueden estimular microorganismos del suelo que son antagónicos al crecimiento y virulencia de ciertos potógenos de las plantas.

b. Osmosis.

La reducción en el potencial de agua que resulta de la acumulación de Cl^- en los tejidos de las plantas pueden descontrolar la habilidad de los potógenos para infectar y desarrollarse dentro de la planta hospedera.

c. Interacciones con el nitrógeno.

El Cl^- afecta directa e indirectamente las formas de N absorbidas con la planta. Dos mecanismos se encuentran involucrados:

Competencia entre Cl^- y NO_3^- . Los iones Cl^- reducen la absorción de NO_3^- a través de la inhibición de la enzima transportadora de NO_3^- en la superficie de la raíz.

Inhibición de la nitrificación. En suelos con pH menor a 6.1 el Cl^- funciona como inhibidor de la nitrificación.

EL CASO ESPECIAL DEL COCO Y LA PALMA DE ACEITE

Mientras que las respuestas al Cl^- en la mayoría de los cultivos han sido principalmente atribuidas al efecto del Cl^- O en la supresión de enfermedades, la palma de aceite y el coco (y el kiwi) (19) parecen tener un requerimiento específico del Cl^- que supera con mucho los niveles de un micro elemento.

A lo largo del cinturón del Pacífico, donde tradicionalmente se cultiva coco, el uso de sal común o de agua de mar para fertilizar el coco es una práctica común muy antigua.

En el pasado, el efecto benéfico de la sal común o de el agua de mar se atribuyó principalmente al sodio asumiendo que el Na^+ era capaz de reemplazar parcialmente al K^+ .

Allagnier y Ochs (16) fueron los primeros en sugerir que el Cl^- estaba involucrado en el mecanismo. Basándose en experimentos conducidos en las Filipinas (23) y en recientes observaciones hechas en el Sur Este Asiático se puede concluir que el coco con contenido bajo en Cl^- (menos que 0.25% en la M. S.) puede presentar:

- Reducción en el crecimiento
- Reducción en el número de hojas verdes (activas)
- Menor número de fruta.
- Reducción de la concentración de N en las hojas.
- Severos signos de estrés de humedad expresado en hojas caídas y fracturadas.
- Presencia de rajaduras y frecuente sangrado del ápice.
- Alta incidencia de enfermedades foliares especialmente de la mancha gris de la hoja (*Pestalotia palmarum*) y *Helmintosporium*.

Se ha observado también que los plántulas de palma aceitera que no fueron tratadas con KCl fueron severamente atacadas por saltamontes y otros insectos mientras que las plantas tratadas fueron atacadas levemente. Es muy probable que las palmas deficientes en Cl^- exuden azúcares y amino ácidos libres que atraen a los insectos. De la literatura existente y de nuevas observaciones se puede concluir que el coco tiene una mayor demanda de Cl^- que la palma aceitera. Además dentro de las especies de coco se ha demostrado que el requerimiento de Cl^- se incrementa de las variedades altas a las enanas y de éstas a los híbridos altos por enano. La mayor demanda de Cl^- de los híbridos se debe probablemente al crecimiento más rápido de este material.

Es obvio que el principal efecto del Cl^- en la palma de aceite y el coco es el mejoramiento del balance de agua. Las plantas deficientes en Cl^- parecen perder agua más rápidamente que las plantas bien suplidas con Cl^- . En forma similar, las plantas deficientes en Cl^- que han pasado por estrés de humedad requieren de un período más largo para restaurar el balance interno de agua.

La principal función del Cl^- en el coco y la palma africana está entonces relacionada con la regulación de la ósmosis. El efecto del Cl^- en la tasa de crecimiento, rendimiento, componentes del rendimiento (número y tamaño de fruta), resistencia a plagas y enfermedades y desórdenes fisiológicos como la fractura de las hojas y el rajado del ápice pueden relacionarse con la osmo-regulación.

El papel general del Cl^- en la fisiología de la palma aceitera y el coco es todavía muy oscuro y el papel que juega en el movimiento del estoma parece ser más complejo de lo que se ha anticipado.

BIBLIOGRAFIA

-
- (1) Arnon, D.I. 1988. Trace elements. Academic Press Inc., New York and London.
- (2) Broyer, T.C., A.B. Carton, C.M. Johnson and P.R. Stout. 1954. *Plant. Phys.* 29: 526-532.
- (3) Beaton, J.D., K.M. Pretty and J. L. Sanders. 1988. 3rd Chem. Congr. N. Amer. Toronto.
- (4) Bove, J.M., C. Bove, F.R. Whatley and D.I. Aron, 1963. *Z. f. Naturforschung Teil N.* 18: 683-688.
- (5) Bainau, I.C., C. Critchley, Govindju and H.S. Gutowsky, 1984. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 81: 3713-3717.
- (6) Braconnier, S. and J.D'Auzac 1985. *Oleagineux* 40: 545-551.
- (7) Braconnier, S. 1988. Thersis, Acad. de Montpellier, Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc.
- (8) Epstein, E. 1972. John Wiley & Soils Inc. NY. 412 p.
- (9) Hill, B.S. 1984. In: Chloride transport coupling in biological membranes and epithelia. Chapter I (G. A. Gereneser, ed.). Elsevier Sci. Publ. Co. pp. 1-11
- (10) Kartika, D., F.S. Soebagio, P.D. Turner and C.J. Breure, 1984. *Proc. Int. conf. on Cocoa and Coconuts*, Kuala Lumpur.
- (11) Mitchell, P. 1966. *Bio. Rev. Camb. Phil. Sac.* 41: 445-502.
- (12) Maas, E.V. 1986. In: Chloride and crop production, T. L. Jackson (Ed). Potash & Phosphate Inst. Atlanta, GA.
- (13) METZLER, D.E. 1977. The chemical reactions of living cells. Acad. Press. N. Y. 1129p.
- (14) Nobbe, F. and T. Siegert. 1863. *Landw. Versuchsantalt.* 5: 116-136.
- (15) Otulaw, W.H., Jr. and O. H. Lowry. 1977. *Proc Natl. Acad. Sci. U. S.A.* 74: 4434-4438.
- (16) Ollagnier, M. and R. Ochs. 1971. *Oleagineux* 26: 367-372.
- (17) Parker, M.B., C. J. Gastro and T. P. Gaines. 1983. *Agron. J.* 75: 439-445.
- (18) Rognes, S.E. 1975. *Phytochem.* 14: 1975-1982.
- (19) Smith, G.S., C.J. Clark and P. T. Holland, 1987. *New Phytol.* 106: 71-80.
- (20) Schnabl, H. and K. Raschke. 1980. *Plant Physiol.* 65: 88-93.
- (21) Sideris, C.P. and H. Y. Youg. 1954. *Amer. J. Bot.* 41: 847-854.
- (22) Terry, N. 1977. *Plant Physiol.* 60: 69-75.
- (23) von Uexkull, H.R. 1972. *Oleagineux*, 27: 13-19.
- (24) von Uexkull, H.R. 1984. In: *Internatl. Conf. on Soils and Nutrition of Perennial Crop (ICOSANP)* Malaysian Soc. of Soil Sci., Kuala Lumpur.
- (25) von Uexkull, H.R. 1989. Unpublished data.