

Relación amonio nitrato en la rizosfera en cultivos intensivos

Patricia Imas, Chief Agronomist, ICL Fertilizers

El cultivo de hortalizas y flores en invernaderos sobre sustratos inertes requiere un especial y preciso control del fertirriego. Esto se debe a que por un lado, se trata de cultivos delicados, con corto e intenso período de crecimiento, muy sensibles al manejo nutricional y con un sistema radicular poco desarrollado. Por otro lado, la capacidad de intercambio o capacidad de reserva de nutrientes (CIC) de estos medios de cultivo es muy baja y no contribuyen nutrientes, siendo la única fuente de estos, los que se proveen a través del sistema de fertirriego. Esta situación se potencia aún más cuando se cultiva en contenedores o macetas donde las raíces están confinadas en un volumen muy limitado (Bunt, 1988). La baja capacidad de retención de agua y la pequeña reserva de nutrientes existente en estos sistemas, hacen que éstos sean muy sensibles y con poca capacidad de recuperación frente a cualquier error o desajuste en el fertirriego. Esto implica que los ciclos de fertirriego deben ser frecuentes, homogéneos y precisos. El aporte de nutrientes debe ser completo (N, P, K, Ca, Mg y micronutrientes) y el pH debe ser mantenido constantemente dentro de los valores adecuados. El monitoreo del agua de riego y de drenaje debe ser exhaustivo (Asaf, 1990).

pH y disponibilidad de nutrientes

La disponibilidad óptima de todos los nutrientes es máxima en el rango de pH entre 6.0 y 6.5. EL pH de la rizosfera determina la disponibilidad del fósforo ya que afecta los procesos de precipitación/solubilización y de adsorción/desorción de los fosfatos. El pH también influye sobre la disponibilidad de micronutrientes (Fe, Zn, Mn) y la toxicidad de alguno de ellos (Al, Mn).

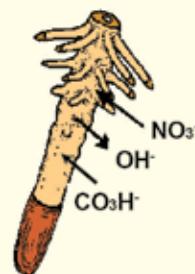
Cuando se aporta una solución nutritiva de pH balanceado, el principal factor que afectara el pH de la rizosfera es la relación NH_4/NO_3 en el agua de riego, especialmente en hidroponía, sustratos inertes y en medios con bajo poder buffer, como suelos muy arenosos (Feigin et al, 1980).

Las plantas pueden aprovechar el nitrógeno en forma de NO_3^- o NH_4^+ , por lo que es posible utilizar nitrato y amonio en las soluciones nutritivas. La forma de nitrógeno (NH_4^+ y NO_3^-) absorbida por la planta determina el balance cationes-aniones en la planta (Barber 1984).

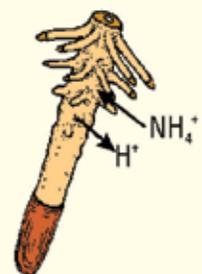
Esto es porque el balance ionico debe ser neutro dentro de la planta:

La nutrición amoniacal produce un patrón de absorción catiónica basado principalmente en el ion NH_4^+ , disminuyendo así la absorción de otros cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ (Marschner 1995).

Alcalinización de la rizósfera provocada por la absorción de nitrato



Acidificación de la rizósfera provocada por la absorción de amonio



| | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|-------|----------------------|------|
| NO₃⁻ | nutrición anionica | A > C | OH ⁻ sale | pH ↑ |
| NH₄⁺ | nutrición cationica | C > A | H ⁺ sale | pH ↓ |

Asimismo induce la excreción radicular de protones (H⁺) al medio para mantener la electroneutralidad en la planta (Imas et al, 1997). La disminución del pH en la rizosfera puede causar toxicidad de Al y Mn, y tiene en general un efecto adverso sobre el crecimiento radicular y sobre el desarrollo radicular (Ganmore-Neumann y Kafkafi, 1980, 1983). La acidificación de la rizosfera causada por nutrición amoniacal conduce a una inhibición general del crecimiento, causado por toxicidad del NH₃ libre, induce una deficiencia de Ca y Mg, toxicidad de Al y Mn y desajuste osmótico.

La relación NH₄/NO₃ influye en la aparición del Blossom End Rot o pudrición de la base en tomate y pimiento (Bar-Tal et al, 2001). Se sabe que este desorden fisiológico es causado por bajos niveles de Ca. A veces esta deficiencia de Ca es inducida y no absoluta, o sea que el nivel de Ca en la solución nutritiva puede ser correcto y sin embargo la planta no puede absorber este calcio produciéndose así una deficiencia inducida de este elemento (La absorción de amonio reduce la absorción de cationes principalmente el calcio). Esto se corrige no a través de un aumento de la dosis de Ca sino a través de una reducción en la proporción de amonio en la solución nutritiva (la absorción de nitratos estimula la absorción de cationes).

Cuando el nitrógeno es proporcionado en forma de nitratos, el anión NO₃⁻ es absorbido, y la planta absorbe más aniones que cationes. Para mantener el balance aniones-cationes, las raíces excretan OH⁻ (y también HCO⁻ y ácidos orgánicos) al medio, aumentando así el pH de la rizosfera (Marschner, 1995).

Las plantas bajo nutrición con NO₃⁻ presentan un mayor crecimiento y mayores rendimientos (Ganmore-Neumann y Kafkafi, 1980, 1983; Imas et al, 1997). Sin embargo, una nutrición con 100% del como nitratos puede aumentar el pH de la rizosfera a valores de más de 8 (Marschner, 1995). A esos valores de pH, el fósforo y microelementos precipitan, disminuyendo la disponibilidad de esos nutrientes.

Es importante indicar que estos cambios de pH se producen solamente en la rizosfera. El pH de la rizosfera puede diferir del pH del suelo no rizosférico por más de dos unidades, dependiendo de los factores planta y suelo. Por lo tanto, los valores promedio del pH pueden ser engañosos y pueden resultar en conclusiones erróneas acerca de las relaciones de los nutrientes en la rizosfera.

Conclusiones prácticas

En la práctica se recomienda el monitoreo del pH de la solución del suelo. En plantas cultivadas en recipientes (macetas) o en colchones de lana de roca (rockwool) es posible a través de la recolección del agua de lixiviado. El valor óptimo del pH de la solución de riego es entre 6 y 6.5 y el pH de la solución lixiviada debe ser menor a 8.5. El ajuste se realiza a través de la relación NH₄/NO₃ de la solución de riego: si el pH del agua de lixiviado se vuelve demasiado alcalino, se debe aumentar la proporción de NH₄ con respecto al NO₃ en la solución nutritiva y viceversa. El porcentaje de amonio no debe superar el 20% del total del nitrógeno aportado.

En muchos cultivos se ha observado que la combinación de NO₃⁻ con bajas cantidades de NH₄⁺ produce un mayor crecimiento; sin embargo, la proporción óptima difiere entre las distintas especies y puede cambiar con la edad de la planta. La recomendación general es aplicar el N en una relación de 80-90% de nitratos y 10-20% de amonio para mantener el pH de la rizosfera en valores óptimos.

Metabolismo del N en la planta

- El amonio y el nitrato son convertidos en aminoácidos en la planta.
 - El NH_4 es metabolizado en la raíz donde se debe encontrar con el azúcar que proviene de las hojas.
 - El NO_3 es transportado en su forma iónica a la hoja, donde es reducido a amonio.
- Los azúcares son requeridos simultáneamente en grandes cantidades para 2 reacciones: 1 respiración y 2 metabolismo del amonio.
- Cuando la temperatura aumenta, la respiración también aumenta » menos azúcares disponibles en la raíz para el metabolismo del amonio. La baja luminosidad con menor fotosíntesis resulta con menos C disponible.
- En el citoplasma, el pH es mayor que 7, lo que instantáneamente transforma en forma parcial al NH_4^+ en amoníaco (NH_3), el cual es muy tóxico para el sistema respiratorio de la célula.
- En el verano, se debe evitar el uso de amonio. Esto es crítico especialmente en sistemas hidropónicos en invernaderos cuando los recipientes con las raíces están expuestas al sol y a altas temperaturas internas.

Ejemplo: Frutilla

El experimento clásico de Ganmore-Neumann y Kafkafi (1983) explica la importancia de la relación NH_4/NO_3 en el metabolismo de la planta y sus implicancias prácticas.

El amonio y el nitrato, una vez absorbidos por las raíces de las plantas, son convertidos en aminoácidos en la planta. En la planta de frutilla, el NH_4 es metabolizado en la raíz donde se debe encontrar con el azúcar que proviene de las hojas. Por su parte, el NO_3 es transportado en su forma iónica a la hoja, donde es reducido a amonio.

Los azúcares son requeridos simultáneamente en grandes cantidades para 2 reacciones: respiración y el metabolismo del amonio.

Cuando la temperatura aumenta, la respiración también aumenta por lo tanto hay menos azúcares disponibles en la raíz para el metabolismo del amonio y por lo tanto el amonio se acumula en lugar

de ser metabolizado. En el citoplasma el pH es mayor que 7, lo que instantáneamente transforma en forma parcial al NH_4^+ acumulado en amoníaco (NH_3), el cual es muy tóxico para el sistema respiratorio de la célula.

En el experimento, las plantas fueron muy afectadas cuando en la solución nutritiva había NH_4 , pero sólo con alta temperatura de las raíces. La misma solución, pero a una temperatura radical de 10°C , no afectó a las plantas. La misma temperatura, pero con una solución nutritiva de nitratos no dañó el cultivo. Esto es porque el nitrato es metabolizado en las hojas, donde hay azúcares en abundancia y hay una buena provisión de azúcares para combinarse con el nitrógeno.

Por lo tanto en el verano, se debe evitar el uso de amonio. En invierno, cuando las raíces están frías, el amonio no causa problemas severos. Esto es crítico especialmente en sistemas hidropónicos en invernaderos cuando los recipientes con las raíces están expuestas al sol y a altas temperaturas internas.

NO_3^- vs. NH_4^+

pH Inicial: 6.2

Rizosfera de trigo,
2 semanas
después de la
aplicación de 200
kg N/ha

(Raíces en agar
con indicador
bromocresol
purpura)



$Ca(NO_3)_2$:
pH 7.5

$(NH_4)_2SO_4$:
pH 4.5

Römheld, 1986