

RIZOSFERA Y ACIDIFICACION

Fernando Borie B.(*)

El término «rizósfera» fue acuñado a principios de siglo en relación a los nódulos que habitualmente se producen en las raíces de las leguminosas. En la actualidad tiene un sentido más amplio pero, en términos muy simples, se dice que es aquel volumen de suelo que es influenciado por las raíces, o bien, el suelo que está en el entorno de las raíces; la extensión puede variar de acuerdo al tipo de suelo, especie vegetal, etapa de crecimiento de la planta y muchos otros parámetros pero se asume, en general, que se extiende algunos milímetros más allá de la superficie radical.

Otros factores que hacen al suelo rizosférico ser completamente diferente al resto del suelo son la acidez, humedad, niveles de nutrientes disponibles al vegetal y la liberación de metabolitos orgánicos e inorgánicos por parte de la raíz. Es así, que la liberación o exudación de sustancias orgánicas solubles, especialmente azúcares y aminoácidos, puede llegar a ser tan alta que represente hasta el 15% del peso seco de la raíz. Este incremento en sustancias carbonadas fácilmente asimilables hace que allí se produzca un gran desarrollo de bacterias, hongos, protozoos y nematodos.

De acuerdo a lo anterior, es lógico deducir que es en esa zona donde se producen una serie de acciones las que, en definitiva, van a ser cruciales en el crecimiento y desarrollo de cualquier vegetal. La captación o absorción de nutrientes así como la captación de sustancias tóxicas conjuntamente con la mayor actividad microbiana, sea ésta benéfica o parásita, son ejemplos de las acciones allí desarrolladas. Es necesario no olvidar que, dado que la planta se está desarrollando, su efecto es diferente en el tiempo y por tanto la actividad rizosférica va dependiendo, en gran medida,

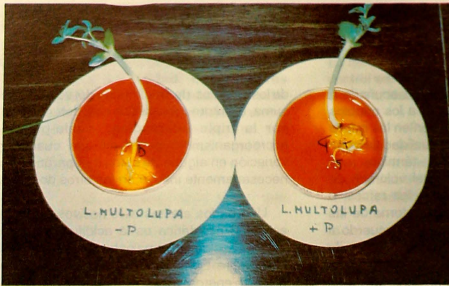
de los estadios de crecimiento del vegetal. En suma, el entorno rizosférico está determinado por la triple interacción suelo-planta-microorganismos, de modo que cualquier variación en alguno de estos tres parámetros necesariamente influye en los otros dos.

Uno de los efectos más nocivos sobre la actividad rizosférica es la acidificación, sea ésta producida en forma natural o por la acción del hombre. Es bien sabido que la acidificación produce engrosamiento de la raíz principal y la inhibición en el crecimiento de las raicillas las que son fundamentales en la captación del agua y en la absorción de nutrientes desde el suelo. Esto trae como consecuencia la variación del nicho ecológico donde se desarrollan los microorganismos produciéndose, por tanto, una alteración en el número y actividad de los mismos. La aparición de síntomas de carencia de nutrientes así como la aparición de enfermedades son derivados, en muchos casos, de la toxicidad producida por la acidificación.

Pronunciados cambios de pH, de hasta 2 unidades, ocurren en la rizósfera en condiciones agrícolas como consecuencia de la forma de nitrógeno aplicado como fertilizante y su efecto sobre el balance aniónico/catiónico de las plantas. En general, cuando se utilizan fertilizantes amoniacales del tipo de la urea o fosfatos de amonio, se produce una liberación neta de protones (acidificación) siendo ésta mayor en la dicotiledóneas. Por el contrario, el nitrógeno nítrico tiende a alcalinizar la rizósfera, disminuyendo por tanto los efectos de la acidificación..

Estos cambios de pH de la rizósfera afectan significativamente la disponibilidad de nutrientes para la planta a la vez que afectan las actividades de los microorganismos en el entorno radical. Así, en términos generales, el fósforo, hierro y manganeso pueden llegar a ser más disponibles tanto para la planta como

(*) Dr. Química de suelos Facultad de Ingeniería Universidad de La Frontera



La zona amarilla indica la acidificación rizosférica de Lupino multolupa a los 7 días de crecimiento. Nótese que no existe diferencia cuando crece en presencia o ausencia de P.

para los microorganismos pero el incremento en el aluminio puede llegar a ser perjudicial para ambos. Sobre el efecto de la acidificación en las actividades biológicas, especialmente Rhizobium y micorrizas, así como también sobre el efecto de algunas enfermedades, es que centraremos nuestra discusión en los párrafos que siguen.

ACIDIFICACION Y MICROORGANISMOS

Se ha estudiado extensamente el efecto de la acidez de los suelos sobre la actividad de los microorganismos involucrados en las transformaciones químicas de los elementos nutritivos como son el ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre. En general, se puede decir que la acidificación de los suelos disminuye todas las actividades biológicas realizadas por microorganismos y por tanto el encalado favorece dichas actividades incrementándose la mineralización de algunos elementos.

Para el caso del ciclo del nitrógeno, la acidez del suelo puede afectar la disponibilidad de este elemento para las plantas, afectando la actividad de los microorganismos involucrados en los procesos de amonificación,

nitrificación, desnitrificación, inmovilización y fijación de Nitrógeno atmosférico, sea ésta simbiótica o no simbiótica..

Para el caso del fósforo, ya se ha dicho que la absorción puede verse aumentada a pH más ácidos, especialmente en suelos sin mucho aluminio; no obstante, la acidificación inhibe la mineralización del fósforo desde formas orgánicas de este

elemento, las que para suelos de origen volcánico constituyen un porcentaje superior al 50% del P total que éstos poseen. En suma, la mineralización o el aporte de nitrógeno, fósforo y azufre desde la materia orgánica disminuirá en la medida que la acidificación sea mayor, toda vez que la mineralización es un proceso eminentemente microbiológico y como tal se verá seriamente afectado.

Las asociaciones entre plantas y microorganismos pueden ser, entre otras, del tipo simbiótico o patogénica. En ambos casos, cuando se examina el efecto de la acidez sobre las interacciones entre plantas y microorganismos se deben considerar cuatro niveles donde puede estar afectando dicho problema:

- Sobre el crecimiento de los microorganismos.
- Sobre la llamada «infección» de la planta.
- Sobre la fisiología de la interacción.
- Sobre el crecimiento de la planta hospedera.

A continuación se analizarán algunos aspectos relacionados con la acidificación y la actividad de dos de las simbiosis más universales cuales son la fijación biológica por Rhizobium y las micorrizas, involucradas en la fijación de nitrógeno y en la absorción y translocación del fósforo, respectivamente.

- Fijación simbiótica de nitrógeno

Desde hace bastante tiempo se ha reconocido que la acidificación es dañina a la fijación biológica de nitrógeno tanto en suelos tropicales como templados. Se ha establecido que la acidificación puede afectar negativamente la fijación simbiótica por *Rhizobium* a tres niveles: a) afectando el número y el tipo de *Rhizobium*; b) disminuyendo la nodulación y c) disminuyendo la efectividad nodular. Por ejemplo, *Rhizobium meliloti*, específico de la alfalfa, es difícil de encontrar en suelos de pH menor de 5.5 por ser muy sensible al estrés provocado por la acidificación; por el contrario, *R. lupini* es tolerante a niveles ácidos de pH. Por su parte, *R. trifolii*, *R. phaseoli* y *R. leguminosarum* poseen una tolerancia intermedia. El rizobio necesita, para reproducirse, vitaminas específicas, aminoácidos y sustratos energéticos los que son suministrados por los exudados radicales y la mineralización de la materia orgánica. Dado que estos procesos se encuentran disminuidos en los suelos acidificados es lógico encontrar niveles más reducidos de rizobios en estos suelos.

El número de rizobios tiene influencia significativa en el logro de una buena nodulación de modo que la acidificación puede afectar directamente la capacidad simbiótica. Las poblaciones de rizobios en el suelo son una mezcla de cepas compitiendo por los mismos nutrientes pero con efectividades distintas de fijación de Nitrógeno y con diferentes tolerancias a la acidez. Existe consenso de que no siempre las cepas más tolerantes son las más efectivas. Por otra parte, es sabido que el encalado, al aumentar las poblaciones de rizobios en el suelo por un incremento en el pH, suministra también Ca y por tanto incrementa la capacidad de nodulación de la leguminosa.

Estudios realizados por la Universidad de La Frontera en praderas del Sur de Chile en el que se realizó un recuento de rizobios si bien se encontraron valores tan variables como menores a 5 células por gramo de suelo hasta tan altos como de 700.000 por gramo no se

obtuvieron correlaciones entre el número y niveles de pH o Aluminio de intercambio. Adicionalmente, estudiada la tolerancia frente a Aluminio de 50 cepas nativas se encontró que 26 de ellas presentaban cierta tolerancia (viabilidad) a niveles moderados de Aluminio y 13 cepas tolerantes a niveles altos (50 μM).

La iniciación, establecimiento y control de la asociación entre la leguminosa hospedera y el rizobio es complejo y sensible a la acidez. Resultados consistentes obtenidos con diferentes legumbres muestran que las primeras etapas de infección (unión, invasión e infección) son más sensibles a la acidez. Por otra parte, el efecto del Aluminio en la nodulación puede variar en forma considerable entre las leguminosas e incluso variedades de una misma especie.

- Micorrizas vesículo-arbusculares (MVA)

Menos conocida que la simbiosis por *Rhizobium* es la simbiosis producida por un hongo y la mayor parte de las plantas agrónomicamente importantes, asociación que se conoce con el nombre de micorrizas-VA. El beneficio de la simbiosis para el vegetal es una mayor translocación de fósforo en aquellas plantas en que sus raíces están «infectadas» con dicho hongo. Es evidente, que al igual que la simbiosis por *Rhizobium*, ésta es más efectiva en cierto tipo de plantas siendo afectada por las condiciones del suelo, especialmente los niveles de fósforo disponible y el pH del mismo.

Entre la gran variedad de especies de hongos MVA existe considerable variación en la respuesta a la acidificación. Esta variación se ve reflejada por las diferentes relaciones encontradas entre pH del suelo y la distribución y abundancia de diferentes especies fúngicas así como también de su funcionalidad. Por otra parte, el efecto del pH y/o Aluminio sobre la germinación, crecimiento hifal e infección radical puede llegar a ser completamente distinta para cada especie de hongo y su efecto sobre la planta puede ser diferente según la especie vegetal o variedad dentro de una especie.

ACIDIFICACION

Algunas especies de hongos MVA están circunscritas ya sea a suelos ácidos o suelos alcalinos; sin embargo, existen otras que se presentan en ambos tipos de suelos. En términos generales, no es sorprendente que existan pocas diferencias en infección por hongos MVA en vegetación natural que crece en suelos con un amplio rango de pH; sin embargo, las especies de hongos que forman micorrizas en cada suelo pueden ser completamente distintas. Se ha establecido, en un experimento de encalado en el largo plazo, que un incremento de pH de 4.5 a 7.5 no afectó la longitud de raíces infectadas pero las especies de hongos que produjeron la infección no fueron las mismas en todo el rango de pH del experimento.

El efecto del encalado en la formación de micorrizas VA depende de las especies de hongos involucradas. Así, se ha encontrado que, en general, la infección producida por *Acaulospora laevis* es mayor en suelos ácidos y decrece al aumentar el pH. Por su parte, la infección lograda con *Glomus fasciculatum* y *Gigaspora margarita* no se ve afectada por el pH del suelo sobre un amplio rango, mientras que *Glomus mosseae* y otros *Glomus* spp. infectan más en suelos neutros o alcalinos y la infección se incrementa con el encalado. Los resultados anteriores se han logrado utilizando especies únicas y no en mezcla que es como habitualmente están en el suelo.

El pH del suelo y sus efectos asociados pueden afectar la capacidad de los hongos MVA al incidir sobre la sobrevivencia y germinación de esporas, crecimiento de hifas en el suelo, penetración e infección y formación de propágulos. Los antecedentes que se poseen indican que la acidez limita la infección principalmente por inhibición del crecimiento del hongo en el suelo.

El efecto del encalado puede afectar la funcionalidad de las micorrizas VA de diversas maneras:

- a) Afectando la disponibilidad de fósforo por las plantas.
- b) Alterando las formas de fósforo.

- c) Disminuyendo la toxicidad de protones, Aluminio y Manganeseo.

En cuanto a la presencia y beneficio por parte de las micorrizas en relación al sistema de labranza hemos encontrado que, cuando se utiliza Cero Labranza comparada con el sistema tradicional de rompimiento del suelo por arado, los parámetros biológicos propios de la rizósfera tales como enzimas, micorrización y bacterias fijadoras de nitrógeno, se encuentran significativamente elevados. Esto estaría significando que este sistema de labranza preserva y exacerba el potencial biológico beneficioso que tienen los suelos.

Por último, creemos necesario destacar que los resultados de un estudio sobre suelos con alto contenido de Aluminio que se está realizando actualmente en los laboratorios de la Universidad de La Frontera, indican que la micorrización en cultivares señalados como más tolerantes a la acidificación se infectan con micorrizas más fácilmente que aquéllos señalados como sensibles. Esto indicaría que la micorrización les estaría confiriendo un cierto grado de protección a la toxicidad por aluminio. Del mismo modo, cuando se sometió a estos cultivares a fertilización con Nitrógeno-amoniacoal o Nitrógeno-nítrico la infección que se obtuvo fue totalmente diferente siendo significativamente mayor la obtenida con este último lo que indicaría que el microambiente más alcalino generado por nitrato estaría favoreciendo la actividad micorrícica. No obstante ser estos resultados muy estimulantes para descubrir el verdadero rol que cumplen las micorrizas frente a los problemas de acidificación, se hace necesario disponer de mayores antecedentes a fin de corroborar este nuevo rol jugado por esta simbiosis en la nutrición mineral de las plantas.

- Enfermedades.

El efecto de la acidificación sobre las enfermedades de las plantas ha recibido bastante atención los últimos años especialmente enfermedades asociadas con

especies de Phytophthora. Sin embargo, es difícil establecer principios generales acerca de los efectos del pH del suelo sobre las enfermedades dado que muy pocos estudios han identificado qué componente de la interacción entre la planta y el patógeno es el más sensible a la acidez. Sin embargo, al igual que en las asociaciones con micorrizas, los efectos del pH del suelo sobre las enfermedades pueden operar a través de la supervivencia de esporas, germinación de éstas y sobre la infección de las raíces.

Casi todos los trabajos de la literatura reportan los efectos de la acidificación sobre las enfermedades producidas en la raíz y muy pocos sobre la severidad de los efectos sobre las hojas, toda vez que la acidificación, al afectar negativamente la absorción de nutrientes por parte de la raíz, trae como

consecuencia una planta débil que puede ser presa fácilmente de cualquier enfermedad.

Como corolario de esta presentación es posible señalar que este equilibrio dinámico observado en el entorno rizosférico, crucial para el crecimiento y nutrición de todo vegetal, pero que recién está develando todos sus secretos como consecuencia de los avances instrumentales, es preciso preservarlo, dándole las condiciones óptimas. Sin embargo, para lograr aquello, es imprescindible conocer este pequeño ecosistema en una forma lo más amplia posible. Confiamos en que los antecedentes entregados en este artículo hayan servido para abrir una pequeña ventana que permita visualizar, en una muy pequeña parte, ese mundo ignorado pero fascinante de lo que es la rizósfera.

Ganado de alta calidad, sanidad y rusticidad. UNA BUENA ALTERNATIVA

FERIA VILLARRICA



UNA FERIA CON RESPALDO PROFESIONAL

VILLARRICA
Valerín Letelier 836
Fono: 411466 - Casilla 104
Fono Fax: 411812
Correos Fono: 411529 - 411613
Remite los lunes.

LONCOCHE
Benjamín Viel esq. B. Aires
Corrales
Fonos: 471036 - 471068
Remite los martes.

VICTORIA
Of. Ramírez 685 - Local B
Fono: 841782
Fono Fax: 841078
Panamericano Sur R. 610
Fonos: 841225 - 841045
Remite los viernes.

TEMUCO
A. Prat 717
Depto. 31
Casilla 69
Fonos: 210565 - 212486
Fono Fax: 210565

SANTIAGO
Ejército 139-D1C
Fono Fax: 593741
Celular: 09-2243039