

## EFECTO DEL EXCESO DE HUMEDAD EN SUELOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA LOS CULTIVOS

### Interpretación del Potencial Redox

En condiciones normales, el contenido de oxígeno de un suelo oscila el 25% más menos. El oxígeno es fundamental para la respiración de los microorganismos aerobios del suelo, los que son encargados de descomponer la materia orgánica.

En un suelo inundado o saturado de humedad, el oxígeno es desplazado por el agua, transformándose el ambiente en anaerobio. En la medida que los microorganismos no dispongan de oxígeno para su respiración, comienzan a utilizar otros elementos minerales presentes en el suelo para poder cumplir con su ciclo vital.

Un parámetro que permite medir la disponibilidad de oxígeno para los microorganismos es el llamado **Potencial Redox**. Este mide esta disponibilidad en términos eléctricos, de tal forma que un valor positivo en la lectura indica un ambiente más aeróbico que un valor negativo.

Este valor oscila en un amplio rango de lectura, pero en términos medios va de +500 a -700 mV (milivolts), dependiendo si la presencia de oxígeno es mayor o menor respectivamente.

Como dijimos, al faltar el oxígeno los microorganismos toman otros minerales del suelo para su respiración. El siguiente cuadro ilustra la secuencia en la cual son utilizados los minerales por parte de la microflora del suelo:

Concentración de Oxígeno	Mineral Respirado	Potencial Redox (mV)
<b>Hipoxia</b> (concentración de O <sub>2</sub> menor a la normal)	Reducción de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> a NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<b>+550 a +450</b>
	Formación de Mn <sup>+2</sup>	<b>+450 a +350</b>
<b>Anoxia</b> (ausencia total de O <sub>2</sub> )	Ausencia de O <sub>2</sub>	<b>+330</b>
	Ausencia de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> respirable	<b>+220</b>
	Formación de Fe <sup>+2</sup>	<b>+150</b>
	Reducción de SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> a SH <sub>2</sub>	<b>-50</b>
	Ausencia de SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> respirable	<b>-180</b>

Del cuadro anterior se desprende que a medida que el perfil se va saturando de humedad, primero comienza a ser utilizado el nitrógeno (como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), es decir es el primer nutriente que falta y luego continúa el manganeso (Mn). Cuando el perfil se saturó, el nitrógeno disponible desaparece, porque los microorganismos ya respiraron todo el nitrato, pasando a este a la forma de nitrito, la cual no es disponible para las plantas. El siguiente en ser utilizado por los microorganismos es el hierro (Fe), el cual pasa del estado Fe<sup>+3</sup> a Fe<sup>+2</sup> pero en formas no disponibles para las plantas (sulfuros de hierro). Posteriormente le toca al azufre, el cual pasa de la forma de sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), disponible para las plantas, a SH<sub>2</sub> (sulfuro de hidrógeno, característico por el olor a huevo podrido), una forma en la cual no está disponible para los cultivos. Y finalmente desaparece todo el azufre disponible (sulfatos)

La manifestación visible de esta situación es la característica clorosis que se produce, y que se puede notar claramente cuando por ejemplo se acumula agua en un bajo. En esa situación los 4 nutrientes en cuestión (nitrógeno, manganeso, hierro y azufre) no se encuentran disponibles, y por ello aparecen los amarillamientos.

Además de esta situación de deficiencia para los nutrientes mencionados, otros, especialmente el zinc (Zn) también se ve fuertemente afectado porque se produce la precipitación con el azufre bajo la forma de sulfuro de zinc, dejándolo fuera de circulación.

### Efectos que ocasiona en las plantas

Lo primero que ocurre es la cesación de *crecimiento radicular*. La parte aérea puede crecer por un tiempo más, pero termina por cesar su crecimiento también. Inmediatamente que las raíces dejan de crecer, tampoco pueden seguir tomando nutrientes, por lo que comienzan los amarillamientos característicos (Nitrógeno, Manganeseo, Hierro y Azufre) y los acortamientos de entrenudos (Nitrógeno y Zinc). Estos amarillamientos comienzan en las hojas superiores y van bajando hacia las hojas más viejas hasta tomar toda la planta.

Los suelos con mayores contenidos de materia orgánica son los que primero van a sufrir las consecuencias. Esto es así porque son los que tienen mayor concentración de microorganismos respirando por unidad de volumen de suelo. Además se produce la acumulación de los nitritos (resultantes de la respiración de los nitratos), los cuales son tóxicos para las raíces.

Otra situación que acontece, es la acumulación de *etileno* en los suelos. Esto es especialmente importante cuando los contenidos de oxígeno del suelo no superan el 9% del volumen del mismo. El etileno es una hormona que es la que envía las señales de muerte a los tejidos para que aceleren sus procesos, por esta razón los tejidos de las plantas que crecen en estas condiciones comienzan a morir muy rápidamente.

Al limitarse la disponibilidad de zinc, se produce también la acumulación de  $H_2O_2$  (agua oxigenada), la cual es la responsable de generar la síntesis de las enzimas que degradan las paredes celulares.

Un punto especialmente importante en leguminosas, más allá de las consecuencias mencionadas, es la falta en sí de oxígeno para que las bacterias de los nódulos puedan realizar la fijación simbiótica del nitrógeno del aire, que nos otro que el del aire del suelo. Menos oxígeno, menos nitrógeno.

Al cesar el crecimiento radicular, también cesa la síntesis de las *citocininas*, que son las hormonas que regulan la floración y por ende la producción, las cuales se producen en las raíces en activo crecimiento.

Estos son algunos de los efectos, tal vez lo más claros de visualizar, que se producen tanto internamente en la planta como en el ambiente en el que se encuentran las mismas. Frente a una situación como esta es factible recuperar un cultivo, siempre y cuando todavía estemos dentro de los límites normales de tolerancia al anegamiento por parte de las plantas. Para ello debemos entender claramente cuales son los procesos que acontecen y así sabremos como reaccionar rápidamente.

***“El manejo de la nutrición vegetal es clave para minimizar las pérdidas potenciales que deriven de estas situaciones”***