

El Boro (B), en la Nutrición de los Cultivos

Un nutriente esencial para los cultivos

El Boro (B) es un micronutriente esencial para el desarrollo de las plantas. Juega un papel fundamental en la formación del tubo polínico y en la fertilidad del polen. En gramíneas esto se traduce en una mayor cantidad de granos en la mazorca o espiga. Participa en la síntesis de proteínas y transporte de azúcares. Fortalece la pared celular para dar mayor protección fitosanitaria a la planta. Además, promueve el desarrollo apical en tallo y raíz con la síntesis y regulación de hormonas como las auxinas. Aunque el Boro está presente en un amplio rango de pH del suelo, existen deficiencias en la mayoría de los suelos mexicanos y del mundo, las cuales causan reducciones importantes en el rendimiento de los cultivos.

El Boro en el suelo

El contenido total de Boro en el suelo va de 7 a 80 ppm, pero menos del 5 % está disponible para las plantas. Su disponibilidad es variable de acuerdo a los diversos sistemas de cultivo y variedad de climas. En zonas de alta precipitación se lixivian fácilmente, pero también puede llegar a convertirse en limitante en suelos con baja humedad, donde se absorbe en forma limitada.

Suelos calcáreos y con alto contenido de arcilla suelen presentar deficiencias de Boro. Sin embargo, los suelos de textura gruesa también suelen ser pobres en Boro. Su retención es mayor en los suelos arcillosos, aunque su proporción de disponibilidad puede ser menor. En suelos arenosos los contenidos de Boro son menores, pero la proporción de absorción suele ser mayor que en los arcillosos. El Boro es un micronutriente sujeto a lixiviación en los suelos tropicales, por lo que en zonas de alta precipitación la deficiencia de Boro es muy común. Fertilab reporta que el 78 % de los suelos de México tienen posibilidades de respuesta al Boro. Se reporta que el encalado puede incrementar la deficiencia de Boro, por lo que es particularmente importante aplicar Boro cuando se lleva a cabo la aplicación de cal. Por otro lado, el Boro es antagonista con otros nutrientes como el K. Por ejemplo, en alfalfa se reduce considerablemente la absorción de Boro por fertilizar con altas dosis de K.

¿Cómo se diagnostica el status de Boro en el suelo?

Actualmente existen varios métodos para determinar la disponibilidad de Boro en el suelo, sin embargo, la mayoría de estos no son adecuados, no obstante, muchos laboratorios los utilizan en forma generalizada. El método más adecuado para diagnosticar el nivel de Boro en el suelo es el extraído con agua caliente. Fertilab emplea invariablemente esta metodología, lo que garantiza un diagnóstico certero. En el cuadro 1 se muestran los niveles de interpretación del Boro en el suelo mediante la técnica de extracción con agua caliente.



Figura 1. Deficiencia de Boro en hojas de maíz.



Figura 2. Deficiencia de Boro en mazorcas de maíz.

Cuadro 1. Interpretación de los niveles de Boro en el suelo, extraído con agua caliente.

Elemento y método	Nivel de B en el suelo (ppm)						
	M.B.*	B.	Mod. B.	M.	Mod. A	A.	M. A.
Boro-H₂O caliente	0-0.3	0.4-0.6	0.7-0.8	0.9-1.4	1.5-2.0	2.0-3.0	>3.0

*M.B. = Muy Bajo; B = Bajo; Mod. B. = Moderadamente Bajo; M = Medio; Mod. A. = Moderadamente Alto; A = Alto; M. A. = Muy Alto.

Fuentes de Boro

Las fuentes más comunes de Boro para los cultivos se presentan en el cuadro 2. Una de las fuentes comúnmente aplicadas en banda es el Granubor y en fertirrigación es el Solubor. Este último también se puede aplicar por la vía foliar. En suelos arenosos es común la aplicación de Borato de Calcio, ya que es menos soluble y menos sujeto a la lixiviación.

Cuadro 2. Fuentes de Boro.

Fuente	Boro, %
Bórax	11
Pentaborato de sodio	18
Ácido bórico	17
Solubor	20
Granubor	15

Cuadro 3. Niveles críticos de Boro en tejido vegetal de varios cultivos.

Cultivo	Niveles foliares (ppm)		
	Hortalizas		
	Deficiencia	Normalidad	Toxicidad
Brócoli	< 20	30 – 200	
Coliflor	< 10	20 – 80	> 100
Cebolla	< 20	25 – 75	> 75
Espárrago	< 20	40 – 100	> 300
Lechuga	< 20	25 – 55	
Melón	< 15	30 – 80	>100
Papa	< 20	30 – 62	> 180
Tomate	< 20	30 – 100	> 180
Gramíneas			
Arroz	< 5	5 – 15	> 100
Cebada	< 5	5 – 10	> 40
Maíz	< 6	8 – 38	> 98
Sorgo	< 7	10 – 25	> 150
Trigo	< 5	5 – 10	> 40
Leguminosas			
Alfalfa	< 20	30 – 80	> 90
Haba	< 20	25 – 100	> 300
Garbanzo	< 20	25 – 50	> 200
Frutales			
Aguacate	< 15	40 – 100	> 100
Plátano	< 10	20 – 80	> 100
Café	< 25	40 – 100	> 200
Ciruelo	< 20	25 – 60	> 80
Manzano	< 20	21 – 40	> 200
Papaya		20 – 50	
Vid	< 25	35 – 70	> 100
Ornamentales			
Clavel	< 20	30 – 100	> 100
Crisantemo	< 20	25 – 200	> 240
Nochebuena	< 20	30 – 100	> 200
Orquídea		20 – 100	>200
Rosa	< 30	30 – 60	> 100
Otros			
Algodón	< 15	25 – 80	> 100

FUENTE: Barker, A. y Pilbean, D. (2006); Reuter, D. y Robinson, J. (1997).

Requerimientos por el cultivo

Los cultivos varían en su susceptibilidad a la deficiencia y/o toxicidad por Boro. Los niveles de Boro en hoja se presentan para diferentes cultivos en el cuadro 3. Algunos cultivos son muy demandantes de Boro, como por ejemplo: papaya, aguacate, alfalfa, brócoli, coliflor, girasol, algodón, manzana, cacahuate, entre otros.

Dosis de aplicación

La dosis de aplicación de Boro depende de las necesidades del cultivo, labores culturales, precipitación, encalado del suelo, materia orgánica, aportaciones del suelo, entre otros. En general se recomiendan de 0.5 a 2 kg Boro elemental/ha aplicados en banda. En cultivos de alta demanda pueden aplicarse hasta 3 Kg Boro elemental/ha. Lo más factible es realizar un diagnóstico del suelo, que indique su deficiencia o suficiencia para no sobredosificar y caer en toxicidad. En cultivos bajo riego, el análisis de agua también es fundamental por los nutrientes que puede aportar.

En el cuadro 4 se dan a conocer las recomendaciones de Fertilab para la aplicación de Boro en el cultivo de maíz, las cuales se basan en metas de rendimiento y rangos de concentración de Boro en suelo. Fertilab ha desarrollado y perfeccionado esta información durante muchos años de experiencia e investigación.

Los niveles de Boro en las aguas de riego también son críticos dentro de un programa de nutrición, pueden llegar a niveles tóxicos e impedir su uso para algunos cultivos. Por otro lado también son una fuente de Boro para las plantas; un agua con 0.2 ppm de boro aporta 1 kg de Boro/ha, suficiente dosis para abastecer la demanda del nutrimento en la mayoría de los cultivos.

El Boro es el micronutrimento que presenta la mayor cercanía entra la deficiencia y la toxicidad, por lo que hay que tener particular cuidado de no sobrepasarse en la dosis de aplicación. También se debe de tener especial precaución al momento de fertilizar, pues si la banda de fertilizante con Boro queda cerca de la semilla genera toxicidad en plántula.

¿Cómo se diagnostica en tejido vegetal?

La sintomatología visual, sin duda, es el primer acercamiento al diagnóstico de problemas con Boro en la planta. Este nutrimento parece no retranslocarse de las hojas viejas al tejido nuevo bajo ninguna circunstancia, por lo tanto, los síntomas de deficiencia ocurren generalmente en las zonas de la planta de nuevo crecimiento.

El siguiente paso es realizar un análisis de tejido vegetal. Esta herramienta es la única que determina el verdadero estado nutricional de los cultivos, pues es el mejor indicador de su abastecimiento. Para el caso del Boro en tejido foliar, los contenidos normalmente van de 2-200 ppm. Ver los datos del cuadro 3.

Fertilización foliar

El bórax es una fuente que se disuelve fácilmente y puede aplicarse vía foliar a dosis no mayores de 0.3 a 0.5 % con base en el producto. En términos generales se recomiendan dosis de 0.1-0.2 kg B/ha. Es importante recalcar que la fertilización foliar con Boro no suple las necesidades totales del cultivo, es empleada como un complemento a la fertilización del suelo o como un corrector inmediato de deficiencias, sin embargo, la fertilización al suelo en combinación con la foliar es un camino excelente para desarrollar un sólido programa de fertilización para la producción agrícola.

Cuadro 4. Dosis de Boro al suelo, recomendadas para el cultivo de maíz, en función de su nivel y meta de rendimiento.

Nivel de Boro en el suelo (ppm)	Dosis de Boro (kg/ha), para meta de rendimiento de maíz (t/ha)						
	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20
< 0.3	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6
0.31 – 0.6	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4	1.5
0.61 – 0.8	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4
0.81 – 1.4	0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3
1.41 – 2.0	0	0	0	0	0	0.9	1.1
2.1 – 3.0	0	0	0	0	0	0	0.9
3.0 – 5.0	0	0	0	0	0	0	0
> 5	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 5. Tolerancia de los cultivos al Boro en el agua de riego.

Cultivos	Nivel crítico (ppm)
Maíz	1.7
Cebada	1.8
Alfalfa	3.5
Trigo	1.8
Algodón	3.8
Zarzamora	0.5
Pimiento	1.3
Tomate	1
Pepino	2.4
Lechuga	2.6
Melón	2.9
Cebolla	3.0
Aguacate	0.6
Vid	1.0
Naranja	0.7
Manzano	1.1

Recomendaciones generales

Es fundamental realizar un análisis de suelo previo a establecer cualquier cultivo, cuya finalidad es determinar el nivel de Boro en el suelo y programar aplicaciones por esta vía o la foliar.

Es fácil conseguir niveles tóxicos o deficientes de Boro en las plantas, por tal motivo este nutrimento solo se aplica una vez que ha sido correctamente diagnosticado en un laboratorio profesional.

Al momento de las aplicaciones al suelo o follaje es muy importante verificar las características de la fuente de Boro, ya que no todas son igualmente solubles y pueden afectar su absorción por la planta.

Cuadro 6. Recomendaciones de aplicación de Boro vía foliar para algunos cultivos.

Cultivo	Dosis (kg B/ha)	Momento oportuno de aplicación
Maíz	0.15 – 0.225	A partir de 7 hojas formadas
Trigo	0.375 – 0.45	En hoja bandera
Alfalfa	0.15	Después del corte
Arándano, frambuesa y frutillas	0.3	En post cosecha o a la madera en receso invernal
Pomáceas	0.15 – 0.3	Al follaje en ramillete expuesto
Carozos	0.15 – 0.3	Al follaje a partir de botón floral
Vid de mesa	0.15 – 0.3	Al follaje previo a flor 2 a 3 semanas



Figura 4. Tallo hueco en brócoli por deficiencia de Boro.



Figura 4. Toxicidad por Boro en Plátano.