

ES NECESARIO ANALIZAR EL SUELO PARA VALORAR LA NECESIDAD DE AGREGAR ESTOS ELEMENTOS A LOS CULTIVOS

# El calcio y el magnesio en la fertilización de los cultivos

Aún cuando estemos acostumbrados a hablar de nitrógeno, fósforo y potasio en los programas de fertilización mineral, la falta de calcio o de magnesio puede generar carencias en las plantas que se traducen en diferentes fisiopatías que alteran su crecimiento y desarrollo normal y que limitan el potencial productivo de los cultivos.

**P. Urbano Terrón.**

Catedrático Emérito. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

**D**estaquemos sucintamente algunos aspectos que señalan la importancia del calcio y el magnesio en la fisiología de la planta:

El calcio:

- ▶ Neutraliza los ácidos minerales y orgánicos de los jugos celulares regulando su pH.
- ▶ Los oxalatos, pectatos, carbonatos y fosfatos de calcio precipitan en las membranas celulares o en las vacuolas. Los cloruros y sulfatos cálcicos permanecen solubles en los jugos celulares.
- ▶ Floclula los coloides citoplasmáticos estabilizando estructuralmente las células.

- ▶ Rebaja el punto de congelación y genera resistencia a las heladas.
- ▶ Plasmoliza el citoplasma celular y, al rebajar el potencial osmótico de los jugos celulares, reduce la transpiración proporcionando menor consumo de agua y, en consecuencia, estimula el comportamiento favorable de las plantas ante situaciones de estrés hídrico (sequía).
- ▶ Regula la formación y el funcionamiento de las membranas celulares. En su ausencia, las membranas de las células jóvenes se desarrollan insuficientemente y pierden selectividad para la absorción iónica.
- ▶ Da rigidez a las membranas.
- ▶ Es necesario para la formación de los ribosomas.
- ▶ Reduce o elimina la fitotoxicidad del boro, manganeso y otros elementos metálicos.
- ▶ Interviene en la formación de enzimas

que catalizan numerosas reacciones enzimáticas: ATP-asa,  $\alpha$ -amilasa, fitasa, etc. Los excesos reducen, por antagonismo iónico, la absorción y el metabolismo del potasio, magnesio, hierro, boro, cobre, cinc y manganeso, provocando serios estados carenciales de estos elementos.

El magnesio:

- ▶ Interviene, igual que el calcio, en las citadas funciones relacionadas con la hidratación celular, presión osmótica, floculación y regulación de la acidez, pero en una secuencia  $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ . Es decir, sus propiedades, en estos casos, se sitúan a medio camino entre el sodio o el potasio y el calcio.
- ▶ Forma parte de la molécula de la clorofila y en ausencia de magnesio las plantas muestran clorosis que se traducen en alteraciones notables del metabolismo de los glúcidos.
- ▶ Forma parte de un compuesto de reserva en las semillas, la fitina (fosfato cálcico y magnésico de inositol), indispensable para la germinación.
- ▶ Interviene en la movilización de los fosfatos favoreciendo la formación de ADP y ATP (procesos de fosforilación).
- ▶ Activa numerosos sistemas enzimáticos interesados en el metabolismo de los glúcidos y en la proteosíntesis.

## Extracción y exportación de calcio

Aunque las plantas absorben el calcio en forma catiónica ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sus necesidades suelen expresarse en cal ( $\text{CaO}$ ). Las plantas cultivadas extraen del suelo cantidades





Fotos 1. La remolacha azucarera es un cultivo con elevadas necesidades de calcio y magnesio.

### CUADRO I.

Extracción de cal (kg CaO/ha) en cultivos de secano.

Cultivos	Niveles de producción (kg/ha)	Extracción de cal (kg CaO/ha)
Trigo, cebada, avena	2.500 - 3.500	15 - 20
Guisantes proteaginosos	900 - 1.400	30 - 50
Patata	15.000 - 20.000	45 - 60
Remolacha	25.000 - 30.000	60 - 80
Girasol	900 - 1.200	50 - 60
Tomate	8.000 - 12.000	25 - 40
Frutales de pepita y hueso	8.000 - 10.000	25 - 30
Viñedo	2.500 - 3.500	50 - 70

muy diferentes de calcio que dependen de la propia composición de los órganos vegetales y de los rendimientos de las cosechas.

Por su parte, la composición de los distintos órganos vegetales es extremadamente variable según sea la especie, su edad, las características del suelo en el que vegeta la planta, el sistema de cultivo, etc. Por ejemplo, entre los órganos que contienen menos calcio están los granos de los cereales, en los que su contenido se sitúa entre el 0,2 y el 1% de su materia seca. Por el contrario, el contenido de calcio de las hojas de la remolacha, patata o alfalfa, pueden superar hasta el 5% de su materia seca. Las hojas son siempre los órganos con mayor contenido en calcio (Urbano, 2002).

De acuerdo con la composición vegetal y con las cosechas esperadas, en los **cuadros I, II y III**, (Urbano, 2011) se señalan las cantidades de cal que necesitan absorber algunas de las especies agrícolas más importantes, según se cultiven en condiciones de secano, regadío o de cultivo protegido (invernadero), en nuestra agricultura.

A modo de resumen, la cal extraída por los cultivos de secano puede variar entre 15 y 80 kg CaO/ha; en los cultivos de regadío

puede variar entre 45 y 300 kg CaO/ha y, finalmente, en los cultivos protegidos (invernaderos) con muy altas producciones, la extracción de cal puede situarse entre 90 y 320 kg CaO/ha.

El empobrecimiento de los suelos agrícolas, como consecuencia de la pérdida de cal que representa la exportación por las cosechas, puede ser bastante inferior a las extracciones señaladas, siempre que se devuelvan al suelo los rastrojos y restantes órganos que formaron la planta.

## Extracción y exportación de magnesio

Como ocurre con el calcio, las plantas absorben el magnesio en forma catiónica ( $Mg^{2+}$ ), pero las cantidades absorbidas suelen expresarse en magnesia (MgO).

El magnesio es un constituyente específico de la clorofila, en la que un átomo de magnesio está unido al N de cuatro anillos pirrólicos. La formación de clorofila es absolutamente necesaria para el desarrollo de toda la actividad fotosintética de las plantas verdes y, a su vez, es el fundamento de la obtención del rendimiento en las cosechas.

Como ya se señaló para el calcio, las

plantas cultivadas extraen del suelo cantidades muy diferentes de magnesio según la propia composición de la planta y los rendimientos de las cosechas (Urbano, 2002).

El contenido de los órganos vegetales se sitúa entre el 0,1 y el 1% de su materia seca, siendo los órganos más jóvenes y especialmente las hojas, los más ricos en este elemento. Para los rendimientos habituales en la agricultura española, en los **cuadros IV, V y VI** (Urbano, 2011), se indican las cantidades de magnesia que necesitan absorber algunas de las especies más importantes de nuestra agricultura, según se cultiven en condiciones de secano, regadío o de cultivo protegido (invernadero).

A modo de resumen, la extracción de magnesio en los cultivos de secano puede variar entre 4 y 50 kg MgO/ha; en los cultivos de regadío puede variar entre 15 y 140 kg MgO/ha y, finalmente, en los cultivos protegidos (invernaderos) con muy altas producciones, las extracciones de magnesia pueden situarse entre 60 y 160 kg MgO/ha.

La restitución al suelo de los rastrojos y restos de cosechas permite reducir el empobrecimiento de los suelos agrícolas, como consecuencia de la pérdida de magnesio por la exportación con las cosechas.

### CUADRO II.

Extracción de cal (kg CaO/ha) en cultivos de regadío.

Cultivos	Niveles de producción (kg/ha)	Extracción de cal (kg CaO/ha)
Maíz	9.000 - 12.000	45 - 60
Patata	30.000 - 40.000	90 - 120
Remolacha	70.000 - 90.000	180 - 240
Alfalfa (forraje verde)	60.000 - 70.000	250 - 300
Tomate	70.000 - 80.000	230 - 260
Melón	30.000 - 36.000	90 - 110
Frutales de pepita y hueso	15.000 - 25.000	50 - 70
Cítricos	20.000 - 30.000	80 - 120

### CUADRO III.

Extracción de cal (kg CaO/ha) en cultivo protegido (invernadero).

Cultivos	Niveles de producción (kg/ha)	Extracción de cal (kg CaO/ha)
Judías verdes	15.000 - 20.000	120 - 180
Tomate	80.000 - 100.000	240 - 320
Pimiento	60.000 - 70.000	140 - 170
Melón	30.000 - 40.000	90 - 120
Berenjena	60.000 - 70.000	180 - 210

**CUADRO IV.**

Extracción de magnesio (kg MgO/ha) en cultivos de secano.

Cultivos	Niveles de producción (kg/ha)	Extracción de magnesio (kg MgO/ha)
Trigo, cebada, avena	2.500 - 3.500	6 - 9
Guisantes proteaginosos	900 - 1.400	4 - 6
Patata	15.000 - 20.000	20 - 30
Remolacha	25.000 - 30.000	40 - 50
Girasol	900 - 1.200	25 - 30
Tomate	8.000 - 12.000	16 - 24
Frutales de pepita y hueso	8.000 - 10.000	8 - 10
Viñedo	2.500 - 3.500	10 - 14

**CUADRO V.**

Extracción de magnesio (kg MgO/ha) en cultivos de regadío.

Cultivos	Niveles de producción (kg/ha)	Extracción de magnesio (kg MgO/ha)
Maíz	9.000 - 12.000	25 - 30
Patata	30.000 - 40.000	40 - 60
Remolacha	70.000 - 90.000	90 - 100
Alfalfa (forraje verde)	60.000 - 70.000	120 - 140
Tomate	70.000 - 80.000	120 - 140
Melón	30.000 - 36.000	60 - 75
Frutales de pepita y hueso	15.000 - 25.000	15 - 20
Cítricos	20.000 - 30.000	40 - 60

## Necesidades de calcio y magnesio en la fertilización de los cultivos

En un programa de fertilización equilibrada, no solo hay que tener en cuenta el calcio y el magnesio que extraen y exportan los cultivos, sino todas las pérdidas de estos nutrientes que pudieran producirse por otras causas (Urbano, 2008). Entre ellas:

- ▶ Absorción y exportación por las malas hierbas. Las malas hierbas pueden extraer y exportar cantidades nada despreciables de CaO y MgO que dependen de

las diferentes especies y del nivel de infestación. Sin embargo, en los suelos cultivados estas pérdidas deben ser poco significativas por la adecuada realización de rotaciones de cultivo, labores de escarda o tratamientos herbicidas.

- ▶ Lixiviación por las aguas de lluvia y de riego. Se lixivian cantidades muy variables según las clases de suelos (mayores en los de textura arenosa), contenido de cal, régimen pluviométrico y sistema de cultivo (secano o regadío). En la zona mediterránea, estas cifras pueden variar entre 30-100 kg CaO/ha-año y 10-30 kg MgO/ha-año.

**La cal extraída por los cultivos de secano puede variar entre 15 y 80 kg CaO/ha; en los cultivos de regadío puede variar entre 45 y 300 kg CaO/ha y, finalmente, en los cultivos protegidos (invernaderos) con muy altas producciones, la extracción de cal puede situarse entre 90 y 320 kg CaO/ha**



**Fotos 2.** Entre los órganos que contienen menos calcio están los granos de los cereales, en los que su contenido se sitúa entre el 0,2 y el 1% de su materia seca.

**CUADRO VI.**

Extracción de magnesio (kg MgO/ha) en cultivo protegido (invernadero).

Cultivos	Niveles de producción (kg/ha)	Extracción de magnesio (kg MgO/ha)
Judías verdes	15.000 - 20.000	60 - 80
Tomate	80.000 - 100.000	140 - 160
Pimiento	60.000 - 70.000	120 - 140
Melón	30.000 - 40.000	60 - 80
Berenjena	60.000 - 70.000	120 - 140

- ▶ Desplazamiento por algunos fertilizantes. Los fertilizantes amoniacales y potásicos pueden desplazar  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  del complejo adsorbente y favorecer su lixiviación en forma de cloruros y nitratos. Estas pérdidas suelen ser bastante menores que las consideradas en los apartados anteriores.

## Las sales cálcicas y magnésicas

Como claramente se indica en el título del epígrafe, se contempla exclusivamente el empleo de sales cálcicas y magnésicas en la fertilización de los cultivos; es decir, la aplicación de estos productos con la finalidad principal de nutrir las plantas. Es lo que los expertos suelen denominar calcio y magnesio fisiológico. Esto es distinto que el calcio y magnesio edáfico que se utilizan fundamentalmente para corregir o enmendar el suelo (pH desfavorable, toxicidad del aluminio u otros elementos metálicos, etc.) (Urbano, 2008). El calcio y el magnesio son los



**Fotos 3.** Columnas de lixiviación para determinar en laboratorio las pérdidas por percolación de calcio o magnesio.



**Fotos 4.** Las malas hierbas pueden extraer y exportar cantidades nada despreciables de CaO y MgO que dependen de las diferentes especies y del nivel de infestación.

mismos, pero las cantidades a utilizar son muy distintas.

En muchos casos, las necesidades de cal o magnesio para nutrir el cultivo se aportan indirectamente con las restantes enmiendas (estiércoles, yeso, RSU, etc.) o abonos minerales (nitrato de cal, nitromagnesio, superfosfato de cal, diferentes abonos compuestos, etc.) que se utilizan en la explotación.

Sin embargo, ocurre que hay muchas formulaciones fertilizantes que no llevan calcio o magnesio (urea, nitrato amónico, fosfatos amónicos, etc.) o que al calcular las cantidades de fertilizantes a aportar, la decisión se adopta en función de las necesidades de nitrógeno y fósforo, resultando que el calcio o el magnesio que les acompañan no son suficientes para garantizar la nutrición del cultivo.

También puede suceder, como ocurre en las zonas húmedas y en los cultivos de regadío, para especies de altas exigencias o cuando se emplean elevadas dosis de abonos amoniacales y potásicos, que los programas de fertilización mineral resulten deficientes en calcio o magnesio, generándose en los cultivos estados carenciales que merman en forma significativa los rendimientos de las cosechas.

Por estas razones, es frecuente observar una progresiva descalcificación o empobrecimiento del magnesio de los suelos agrícolas que, incluso, suele asociarse a la idea de que es una consecuencia del cultivo. Los

análisis de suelos realizados con cierta frecuencia (cada tres años, por ejemplo) permitirán comprobar en la práctica estas situaciones y la necesidad de agregar cal y magnesio a los programas de fertilización.

Cuando solamente se presentan situaciones de descalcificación del suelo, suele ir acompañado de una progresiva acidificación. En los suelos básicos no suele representar ningún problema –incluso puede ser positivo que baje su pH–, pero en los suelos neutros o ligeramente ácidos puede hacerse un encalado de mantenimiento cada dos o tres años para evitar este problema. Cantidades variables entre 300 y 500 kg de cal apagada por hectárea pueden ser suficientes. Generalmente, si se mantiene un nivel adecuado de calcio edáfico, la nutrición cálcica de los cultivos estará asegurada.

Para la fertilización magnésica deberá tenerse muy en cuenta el pH del suelo. Para suelos neutros o básicos deben utilizarse los fertilizantes simples o compuestos existentes en el mercado: nitromagnesio 22% N (7% MgO); NPK (Mg) 6-10-30 (2) 0,1B; NPK (Mg-Fe) 5-10-15 (2-1); NPK (Mg-S) 8-10-30 (2-1); NPK (Mg-S) 10-12-24 (3-1), 0,1 Zn: NPK (Mg-S) 15-10-20 (2-1), con Boro (B), etc., (Fertiberia, 2011).

Sin embargo, debido a que los fertilizantes minerales se formulan en función de las necesidades que presentan los cultivos en los tres nutrientes principales (especialmente de las necesidades de nitrógeno) y a que el magnesio aportado en estas formulaciones resulta

generalmente más caro, solo es recomendable acudir a ellas en los suelos básicos, mientras que en los suelos ácidos es recomendable utilizar cales magnésicas para satisfacer las necesidades de magnesio de los cultivos.

En consecuencia, las cales magnésicas se utilizarán en suelos ácidos, pobres en magnesio. De esta manera, además de aportar magnesio que alimenta los cultivos, se puede contribuir a la corrección de la acidez del suelo. Para esta finalidad, se dispone para suelos con pH < 6,5, de:

- ▶ Cales magnésicas: con riquezas variables entre el 25 y 30% de MgO y 40 a 45% de CaO. Son productos de acción rápida a utilizar en cantidades de 300 a 500 kg/ha.
- ▶ Dolomías: con riqueza mínima del 20% MgO, su rapidez de acción depende de su granulometría y del pH del suelo. Aunque lentas en suelos ligeramente ácidos, van siendo más activas a medida que el pH es más bajo. Pueden aplicarse entre 500 y 1.000 kg/ha. ●

## Bibliografía ▼

- ▶ URBANO, P. (2002). Tratado de Fitotecnia General. 2ª Ed. Reimp. Ed. Mundi Prensa. Madrid. ISBN: 978-84-7114-386-0.
- ▶ URBANO, P. (2008). Fitotecnia. Ingeniería de la Producción Vegetal. Reimp. Ed. Mundi Prensa. Madrid. ISBN: 978-84-8476-037-5.
- ▶ URBANO, P. (2011). Utilización Agrícola de la Cal. Asociación Nacional de Fabricantes y Derivados de España (ANCADE). Madrid.