



Foto: Irvin Rodríguez

ABSORCIÓN DE CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO POR EL CULTIVO DE TOMATE EN INVERNÁCULO

Dra. Cecilia Berrueta, Dr. Facundo Ibañez

Sistema Vegetal Intensivo

Con el objetivo de contribuir al diseño de planes de fertirrigación que contemplen los principales macronutrientes, en este artículo se presentan las curvas de absorción de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) para el cultivo de tomate en invernáculo, para los ciclos de otoño y primavera.

INTRODUCCIÓN

La fertirrigación permite realizar aplicaciones de nutrientes ajustadas a la demanda del cultivo. Sin embargo, se requiere de información precisa sobre la cantidad total y los momentos de absorción. Esta información sobre la dinámica de consumo constituye una herramienta sólida para diseñar planes de fertirrigación y argumentar técnicamente

las recomendaciones de fertilizantes. En este artículo se presentan las curvas de absorción de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) para el cultivo de tomate en invernáculo para los ciclos de otoño y primavera. Combinando esta información con las curvas de absorción para nitrógeno y potasio desarrolladas por Berrueta *et al.* (2023) se aporta información precisa para el diseño de planes de fertirrigación que contemplan los cinco macronutrientes principales.

Acceda al artículo publicado en Revista INIA en 2023: "Absorción de nitrógeno y potasio por el cultivo de tomate en invernáculo".

Acceda **AQUÍ**

Cuadro 1 - Variedad, fecha de trasplante, días a cosecha, largo de ciclo y rendimiento según cultivo.

Cultivo	Variedad	Fecha de Trasplante	Días a cosecha	Largo del ciclo (días)	Rendimiento total, obtenido en T2 (kg/m ²)
Otoño 2019	Elpida	6/2/2019	82	187	19.2
Primavera 2019	Lapataia	22/8/2019	99	154	20.7
Otoño 2021	Elpida	1/2/2021	77	182	14.9
Primavera 2021	Lapataia	30/8/2021	94	145	17.9

METODOLOGÍA

Los datos provienen de cuatro experimentos con tomate bajo invernáculo cuya descripción general se aporta en el Cuadro 1. Los datos de absorción de Ca, P y Mg surgen de las parcelas con el tratamiento T2 donde se aplicó una solución nutritiva balanceada asegurando que no ocurrieran limitaciones de nutrientes. Se realizó monitoreo de nutrientes en savia y solución de suelo con sistemas de análisis rápido LAQUATwin para verificar que los niveles de nitrógeno, potasio y calcio usados eran adecuados. La fertilización con Ca, P y Mg de cada ciclo se detalla en el Cuadro 2. Los bajos valores de calcio y magnesio aportados se deben a la alta concentración de estos nutrientes en el agua de riego y el aporte estimado del suelo. Las diferencias entre ciclos se debieron a distintos aportes del suelo, agua y expectativa de rendimiento. No se aplicó fertilización de base. Los nutrientes se aplicaron en su totalidad por fertirriego.

Para la obtención de las curvas de absorción se cosechó una planta representativa de cada parcela en cada tratamiento cada 20 días. En cada muestreo se determinó la cantidad de materia seca en hojas, tallos y frutos inmaduros. También se incluyó el material de los desbrotes y los frutos cosechados que se midieron en 10 plantas por parcela. Se determinó el contenido de Ca, P y Mg en todas las muestras de materia seca.

Cuadro 2 - Aporte total de Ca, P y Mg para el tratamiento 2 según cultivo de tomate.

Cultivo	Fertilización total (kg/ha)				
	N	K	Ca	P	Mg
Otoño 2019	116.5	705.5	0	41.6	7.4
Primavera 2019	141.1	855.1	0	87.2	37.9
Otoño 2021	149.3	479.2	21.1	29.9	28.4
Primavera 2021	427.5	903.5	227	86.1	69.2

CURVAS DE ABSORCIÓN DE Ca, P y Mg EN EL CULTIVO DE TOMATE

Se determinó el consumo total de Ca, P y Mg para los cultivos de otoño y primavera (Figura 1). Considerando los valores de absorción de N y K reportados en Berrueta *et al.* (2023), el principal nutriente absorbido por el cultivo es el K, seguido del N, Ca, P y por último el Mg. Las relaciones de absorción promedio entre los cinco macronutrientes N:K:Ca:P:Mg son de 1:1.8:0.7:0.1:0.1.

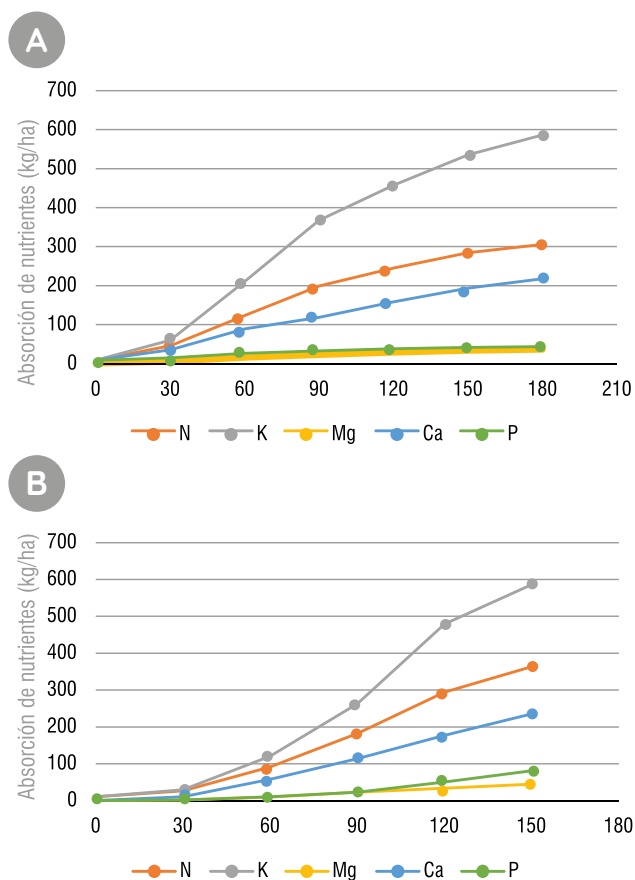


Figura 1 - Curvas de absorción de N, K, Ca, P y Mg según tipo de ciclo (a) otoño y (b) primavera. Los datos de N y K provienen de Berrueta *et al.* (2023).

Cuadro 3 - Consumo de Ca, P y Mg por tonelada de tomate cosechado

Calcio	Fósforo	Magnesio
kg /tonelada de tomate fresco		
1.2	0.3	0.2

A partir de las determinaciones, se obtuvieron valores de absorción de Ca, P y Mg por tonelada de fruta producida (Cuadro 3). Los valores medidos son inferiores a los reportados por otros autores (Ciampitti y García, 2007) indicando una alta eficiencia en la absorción de nutrientes. Esto seguramente está relacionado a los altos rendimientos obtenidos en los ensayos, que están muy por encima de los promedios nacionales (Cuadro 1).

ABSORCIÓN POR ETAPA DEL CULTIVO

Es clave para diseñar los planes de fertilización, no solo conocer la absorción total sino cómo se distribuye esa absorción en los distintos momentos del ciclo del cultivo. Esa información se resume en el Cuadro 4. En otoño, el consumo máximo de Ca, P y Mg ocurre entre el día 30 y 60 desde el trasplante. En primavera, el pico ocurre entre el día 90 y 150. Estas diferencias se asocian a condiciones climáticas contrastantes entre los ciclos. El ciclo de otoño se trasplanta en febrero con altas temperaturas y radiación. El de primavera, en cambio, se trasplanta en agosto con temperaturas muy bajas y baja radiación. Estas diferencias se traducen en mayor tasa inicial de crecimiento en los cultivos de otoño, por ende, mayor consumo inicial de nutrientes (Cuadro 4 y Figura 1).

CÓMO UTILIZAR ESTA INFORMACIÓN PARA ELABORAR PLANES DE FERTILIZACIÓN

La información de consumos y su distribución según fase del crecimiento es esencial para diseñar planes de fertilización.

Para diseñar los planes de fertilización es clave conocer no solo la absorción total, sino cómo se distribuye en los distintos momentos del ciclo del cultivo.



Foto: Irvin Rodríguez

Figura 2 - Vista del ensayo con tratamientos de fertirriego.**Cuadro 4** - Distribución del consumo de Ca, P y Mg (%) según etapa del ciclo del cultivo para otoño y primavera.

Ciclo	OTOÑO			PRIMAVERA		
	Ca	P	Mg	Ca	P	Mg
Etapa (días)	%					
0-30	13.1	17.3	14.5	4.4	2.2	4.1
30-60	26.3	33.2	29.3	20.1	11.2	19.4
60-90	14.6	17.1	18.0	23.6	15.5	29.5
90-120	20.4	15.9	17.6	26.9	34.6	25.6
120-150	16.0	10.8	13.3	25.0	36.5	21.4
150-180	9.7	5.6	7.3			

A continuación, damos un ejemplo de cómo utilizar la información de absorción para un caso particular de un cultivo.

Ejemplo: Cultivo de tomate en invernáculo trasplantado en agosto (ciclo de primavera) con un rendimiento esperado de 15 kg/m².

Lo primero que tenemos que establecer es el rendimiento que esperamos obtener. Esta expectativa debe considerar el conocimiento previo que se tiene del invernáculo, del suelo, presión de enfermedades y plagas y los rendimientos obtenidos en zafras anteriores.

Una vez definido el rendimiento esperado, en el ejemplo, 15 kg/m², se usan los consumos de nutrientes por tonelada de fruta del Cuadro 3 para estimar los consumos totales que tendrá el cultivo.

Consumo de Ca = 1.2 kg/tn de fruta x 150 tn/ha = 180 kg de Ca/ha

Consumo de P = 0.3 kg/tn de fruta x 150 tn/ha = 45 kg de P/ha

Consumo de Mg = 0.2 kg/tn de fruta x 150 tn/ha = 30 kg de Mg/ha

Luego, es necesario distribuir los consumos totales en las distintas fases del crecimiento de acuerdo con el Cuadro 4. Como el ejemplo se trata de un cultivo de primavera, se deben utilizar los porcentajes por mes de los ciclos de primavera. De esta forma se obtienen los consumos mensuales de cada nutriente como en el Cuadro 5.

Esta información debe complementarse con el aporte del suelo y agua del riego para obtener el plan anual de fertirriego. Normalmente el aporte de calcio y magnesio del agua de riego es significativo.

Cuadro 5 - Cálculo de consumo mensual de Ca, P y Mg para un cultivo de tomate de primavera con un rendimiento esperado de 15 kg/m².

Etapa (días)	Consumo mensual (kg/ha)		
	Ca	P	Mg
0-30	7.9	1.0	1.2
30-60	36.1	5.1	5.8
60-90	42.5	7.0	8.8
90-120	48.4	15.6	7.7
120-150	45.0	16.4	6.4
TOTAL	7.9	1.0	1.2

Los planes de fertilización basados en la demanda deben incorporar información del análisis de suelo y agua. Además, se recomienda complementar con monitoreo de nutrientes en suelo y savia.

Los planes de fertilización basados en la demanda deben complementarse con técnicas de monitoreo de nutrientes en solución del suelo (Berrueta *et al.*, 2022) y la savia de las plantas (Berrueta *et al.*, 2021) para ir ajustando los aportes de acuerdo con el desarrollo del cultivo. De esta forma, se podrá optimizar el manejo de la nutrición y mejorar la eficiencia, con el fin de obtener los mejores resultados productivos (rendimiento y calidad), reduciendo el costo de fertilizantes y evitando la acumulación excesiva de nutrientes o su lavado.

BIBLIOGRAFÍA

Berrueta, C.; Grasso, R.; Giménez, G.; Bentancur, J.; Rivero, D. 2021. Análisis de savia para la determinación rápida del nivel de potasio, nitrato y calcio en el campo. Revista INIA no. 67, p. 122-126.

Berrueta, C.; Grasso, R.; Giménez, G.; Falero, M. 2022. Análisis de solución de suelo con sondas de succión para monitoreo de fertirriego en tiempo real. Revista INIA no. 68, p. 42-46.

Berrueta, C.; Grasso, R.; López, J. 2023. Absorción de nitrógeno y potasio por el cultivo de tomate en invernáculo. Revista INIA no. 74, p. 33-36.

Ciampitti, I. A.; García, F. O. 2007. Requerimientos nutricionales: absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. Archivo Agronómico. no. 12:1-4.



Foto: Irvin Rodríguez

Figura 3 - Parcela con tratamiento T2 en primavera 2019.