

Planificación de la fertirrigación del apio

Cantidades necesarias de nutrientes y distribución en el ciclo de cultivo

El apio es un cultivo muy exigente en nutrientes. Las cantidades absorbidas son equivalentes a las del tomate de invernadero, teniendo menor producción de biomasa total. En este artículo se hace una detallada programación de la fertirrigación del apio, aportando datos sobre las cantidades necesarias de nutrientes y su distribución en el ciclo de cultivo, de los fertilizantes recomendados y de las fisiopatías más relevantes del cultivo.



Luis Rincón Sánchez.
IMIDA (Murcia).

La superficie total de apio cultivada en España es de unas 2.000 ha, con una producción de 85.000 t (MAPA, 2002), exportándose el 48% a países de la UE principalmente. En Murcia se cultiva el 40% (800 ha) de la superficie total con una producción comercializada en la campaña 2002/2003 de 55.360 t (Región de Murcia. Estadística Agraria, 2003).

La producción del apio está condicionada a la obtención de altos rendimientos y máxima calidad de cosecha, objetivo que se pretende conseguir con la fertirrigación. La fertirrigación es una técnica de cultivo en la que se aportan los nutrientes disueltos en el agua de riego, lo que tiene

como ventajas más destacables: la aplicación combinada de agua, fertilizantes y plaguicidas con alta precisión y uniformidad, la mejora de la distribución y el control del agua y nutrientes en el suelo y la posibilidad de aplicar el agua y los nutrientes durante el ciclo de cultivo de acuerdo con la demanda de la planta (Bar-Yosef, 1991).

La fertirrigación permite atender de forma continua la nutrición de la planta, lo que implica un cambio total en los conceptos de nutrición hídrica y mineral de los cultivos respecto a la fertilización tradicional, habiéndose comprobado en numerosos trabajos y distintas condiciones que el rendimiento y calidad de cosecha son mejorados. En el contex-

to económico actual, la fertirrigación debe plantearse con dos objetivos principales: 1) consecución de la producción óptima, entendiendo por producción óptima aquella que produce los rendimientos económicos más altos y no la que induce a la mayor producción en valor absoluto y 2) producir el mínimo riesgo de contaminación ambiental.

La mayoría de los trabajos relacionados con la absorción de nutrientes en apio se han centrado en

la absorción total de macronutrientes (Barbieri, 1989; Fink, 1985; Prats, 1970; Zuang, 1982). La absorción de nutrientes del apio en función del tiempo ha sido estudiada por Rincón et al. (2001) para las condiciones de cultivo del área mediterránea con riego por goteo.

Programación de la fertirrigación

Información básica

Características del suelo

El conocimiento de la fertilidad del suelo y de sus características físico-químicas a través de los análisis correspondientes es imprescindible. De dichos análisis se deduce la necesidad o no de elevar la riqueza

del suelo hasta un nivel medio-alto de los nutrientes deficitarios (principalmente fósforo y potasio), así como el comportamiento de los fertilizantes.

Existe cierta inclinación a utilizar el análisis periódico de suelo para programar la fertirrigación, sin embargo, es necesario resaltar que la programación de la fertirrigación basada en análisis de suelo es muy limitada, debido a que dentro de los bulbos humedecidos, los parámetros físico-químicos del suelo varían según la distancia y profundidad al punto de goteo, humedad y dinámica de los nutrientes (nitrógeno, calcio y magnesio se desplazan con el agua de riego, mientras que el potasio es desplazado a los bordes de los bulbos humedecidos por los goteros; el fósforo se queda en zonas cercanas al punto de goteo).

Curvas de extracción de nutrientes por el cultivo

El apio es un cultivo muy exigente en nutrientes. Las cantidades absorbidas son equivalentes a las del tomate de invernadero, teniendo menor producción de biomasa total. Diversos factores influyen en las cantidades de nutrientes exportadas y ritmo de absorción, entre los que cabe citar: material vegetal, condiciones ambientales, características del suelo, calidad del agua de riego y técnica de cultivo. Las curvas de absorción de macronutrientes para una producción media de 90 t/ha de pencas comerciales se muestran en la **figura 1** (Rincón et al., 2002).

Nitrógeno: la cantidad total de nitrógeno absorbido por el apio en el ciclo de cultivo fue de 313,1 kg/ha, contribuyendo las hojas con el 38%, los pecíolos (pencas) con el 49,6% y los tallos con el 12,4%.

Fósforo: es el macronutriente absorbido en menor cantidad por el cultivo. La absorción total de fósforo expresado como P_2O_5 fue de 85,3 kg/ha, exportando las hojas el 32,1%, las

pencas el 54,4% y los tallos el 8,5%.

Potasio: el apio es muy exigente en potasio, siendo el nutriente absorbido en mayor cantidad. La absorción total de potasio expresado como K_2O fue de 679,2 kg/ha, almacenando las hojas el 17,2%, las pencas el 65,0% y los tallos el 17,8%.

Calcio y magnesio: las cantidades totales absorbidas por el cultivo fueron de 147,3 kg/ha de calcio y 39 kg/ha de magnesio, contribuyendo las hojas con el 52,9% de calcio y el 46,7% de magnesio. Los frutos (pencas) almacenaron el 38,8% de Ca y el 42,8 de Mg y los tallos acumularon el 8,3% de Ca y el 10,5% de Mg.

Cantidades de nutrientes aportados por el agua de riego

Todas las aguas de riego llevan en disolución cantidades distintas de nutrientes, principalmente nitratos (NO_3^-), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), que deben ser detraídas de las cantidades totales a aportar. Estas cantidades se calculan según las expresiones siguientes:

$$N \text{ (kg/ha)} = (\text{volumen de agua aportada (m}^3\text{/ha)} \times \text{mg NO}_3^- \text{ /l)} \times 0,2258 \times 10^{-3}.$$

$$Ca^{2+} \text{ (kg/ha)} = (\text{volumen de agua aportada (m}^3\text{/ha)} \times \text{mg Ca}^{2+} \text{ /l)} \times 10^{-3}.$$

$$Mg^{2+} \text{ (kg/ha)} = (\text{volumen de agua aportada (m}^3\text{/ha)} \times \text{mg Mg}^{2+} \text{ /l)} \times 10^{-3}.$$

Con carácter general, todas las aguas que lleven en disolución como mínimo 1,5 meq/l de Ca y 1 meq/l de Mg aportan suficiente calcio y magnesio para compensar la absorción del apio. No obstante, debido al elevado grado de lavado del calcio y del magnesio en el bulbo, a la elevada sensibilidad del apio a la deficiencia de calcio es recomendable hacer aportaciones preventivas de Ca y Mg durante la fase de acogollado para evitar deficiencias, siendo las cantidades orientativas medias a reponer el 50% de las extracciones totales.

Abonado de preplantación

Con carácter orientativo, es conveniente aportar entre 15 y 20 t/ha de estiércol bien fermentado, tratando de que el porcentaje de materia orgánica del suelo esté en torno al 1,5%.

Cuando el análisis de suelo presente niveles bajos de algún nutriente, principalmente de fósforo y/o potasio, conviene elevar la riqueza de estos nutrientes a valores óptimos. Dichos abonos se aportarán en preplantación junto con el estiércol. Para elevar la riqueza de fósforo y potasio en el suelo, se debe establecer un plan de enmienda para años sucesivos.

Cantidades necesarias de nutrientes y distribución en el ciclo de cultivo

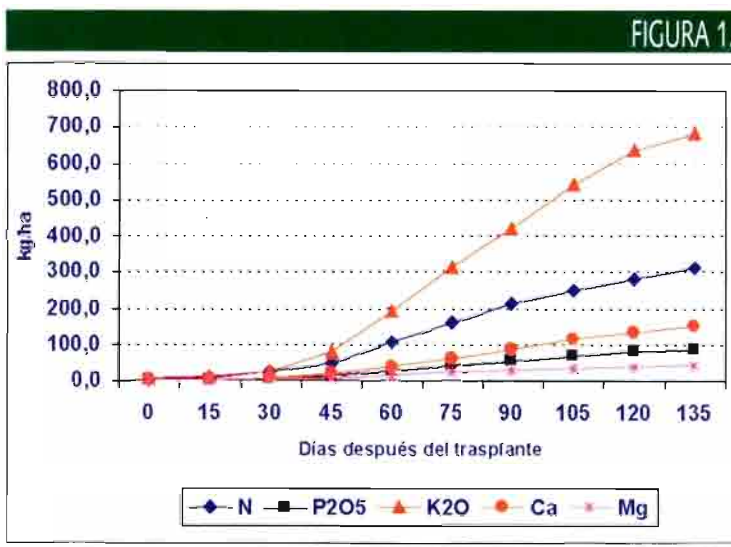
La cantidad de nutrientes para llevar a la planta a elevadas producciones de alta calidad constituye un criterio orientativo de las exigencias nutritivas del cultivo. No obstante, diversos factores intervienen directamente en la demanda de nutrientes y en el ritmo de absorción, entre los que cabe citar: condiciones climáticas de cultivo (aire libre o invernadero), material vegetal (variedades), agua de riego (calidad) y técnica de cultivo. La curva de absorción de nutrientes debe expresar los resultados para óptimos rendimientos de cosecha (económicos en el equilibrio producción-calidad) y no para máximas producciones.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que las extracciones que realiza el cultivo no son coincidentes con las cantidades de fertilizantes que se deben aportar, por dos razones principales: a) una parte (a veces importante) de los nutrientes absorbidos por la planta es aportada por el agua de riego o el suelo y b) ciertos fertilizantes sufren en el suelo una serie de transformaciones disminuyendo su eficacia. Del balance de pérdidas y ganancias resultarán las cantidades de nutrientes que deben reponerse.

Partiendo de las extracciones totales de nutrientes del cultivo en función del tiempo (**figura 1**) y teniendo en cuenta la cosecha esperada, las cantidades aportadas por el agua de riego y el suelo, las pérdidas no controlables (por lixiviación y retrogradación de nutrientes), así como las cantidades de Ca y Mg necesarias para prevenir carencias, las cantidades medias netas de nutrientes para la fertirrigación del apio se presentan en el **cuadro I** (Rincón et al., 2002).

Fertilizantes específicos para fertirrigación

Los fertilizantes para fertirrigación utilizados generalmente en cultivos hortícolas son sóli-



dos. Las dos características más importantes que deben de reunir los fertilizantes sólidos para ser utilizados en fertirrigación son: a) ser altamente solubles, es decir, que el residuo seco a 15°C sea menor del 0,5%; b) que contengan altas concentraciones en elementos nutrientes.

Los tipos de fertilizantes sólidos y líquidos comercializados y objeto de utilización en fertirrigación, así como sus características, se encuentran descritos en el Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales (Carlos de Liñán, 2003).

Cantidades de fertilizantes a incorporar en cobertera

Seleccionados los fertilizantes: nitrato amónico, nitrato cálcico, fosfato mono potásico, nitrato potásico y sulfato de magnesio, las cantidades totales de fertilizantes se muestran en el **cuadro II**.

Control de la nutrición

De todos los órganos vegetativos de la planta, las hojas han mostrado en muchos cultivos ser las que dan una información precisa de la absorción de nutrientes, siendo muy sensibles a los cambios en el medio nutritivo. En el apio, el pecíolo es el mejor indicador del nivel de disponibilidad de nutrientes por la planta. Los **cuadros III y IV** presentan los niveles del contenido foliar del apio expuestos por distintos autores.

Consideraciones adicionales sobre fertirrigación

- Aportar los fertilizantes en cada riego, evitando acumulaciones que puedan dar lugar a concentraciones elevadas de uno o más nutrientes, lo que podría producir antagonismos o sinergismos entre nutrientes en el suelo.

- Ajustar la dosis de riego a las características del suelo, evitando pérdidas por percolación que produzcan arrastre de

CUADRO I. CANTIDADES NETAS DE NUTRIENTES A REPONER EN LA FERTIRRIGACIÓN DEL APIO PARA UNA PRODUCCIÓN ESTIMADA DE 90 T/HA DE PELLAS COMERCIALES.					
Intervalo días después del trasplante(d.d.t.)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
15-21	2	1	6	1	0,5
22-28	3	1,5	10	1	0,5
29-35	5	2	15	2	0,75
36-42	7	2,5	20	3	0,75
43-49	11	3	30	4	1
50-56	15	4	40	5	1
57-63	20	5	45	5	1,5
64-70	24	5	50	6	1,5
71-77	26	6	50	6	2
78-84	28	6	60	7	2
85-91	28	8	60	7	2,5
92-98	28	8	60	6	2,5
99-105	26	8	50	6	1,5
106-112	26	8	50	6	1,5
113-119	24	8	45	5	1,5
119-125	20	6	45	4	1
126-132	18	4	45	3	1
Total	311	86	681	77	23

CUADRO II. CANTIDADES DE FERTILIZANTES A INCORPORAR EN LA FERTIRRIGACIÓN DEL APIO					
Intervalo (d.d.t.)	Nitrato amónico	Nitrato cálcico	Fosfato monopotásico	Nitrato potásico	Sulfato de magnesio
15-21		6	2	12	3
22-28		6	3	20	3
29-35		12	4	30	5
36-42		18	5	40	5
43-49		24	6	61	6
50-56		29	8	82	6
57-63	11	29	10	91	9
64-70	16	35	10	102	9
71-77	22	35	12	101	13
78-84	17	41	12	122	13
85-91	18	41	15	120	16
92-98	21	35	15	120	16
99-105	23	35	15	98	9
106-112	23	35	15	98	9
113-119	24	29	15	87	9
119-125	14	24	12	90	6
126-132	10	18	8	92	6
Total	197	453	165	1365	144

d.d.t. = días después del trasplante

nutrientes y, consecuentemente, desequilibrios en la concentración mineral del suelo.

- Ajuste de las cantidades de nutrientes a la fecha de plantación, cosecha esperada y duración del ciclo de cultivo.

- En la aportación de nitrógeno conviene mezclar formas amoniacales y nítricas (orientativo: 30-40% forma amoniacal, 60-70% forma nítrica), evitando la utilización exclusiva de formas nítricas o amoniacales.

Fisiopatías más importantes

El apio es un cultivo que tiene una elevada sensibilidad a la deficiencia de boro, calcio, azufre y magnesio en el suelo. De ellas, las de boro y calcio tienen repercusiones graves en la calidad comercial, llegando incluso a depreciarse en su totalidad cuando las carencias son acusadas. La depreciación es motivada por las lesiones que se producen en los tejidos de la planta, y fundamentalmente en los pecíolos, que constituyen la parte comercial.

La deficiencia de boro en apio es suficientemente conocida. Además del déficit de boro en el suelo, ciertas condiciones de cultivo como el pH del suelo, humedad relativa y luminosidad, así como las enmiendas alcalinizantes, favorecen su aparición. Las interacciones con otros elementos también activan la deficiencia (nitrógeno nítrico, potasio y calcio en exceso inhiben la absorción de boro). Los síntomas que aparecen en la planta son fundamentalmente el agrietado de los pecíolos exteriores (**foto 1**) y el "cracking stem" (del tejido del pecíolo externo) (**foto 2**). Cuando la deficiencia es muy acusada, se produce el denominado corazón pardo del tubérculo de la planta (**foto 3**).

Con la extracción mediante agua caliente, el contenido de boro asimilable en el suelo fluctúa entre 0,5 ppm y 3 ppm. Contenidos inferiores a 0,5 ppm son considerados deficitarios, entre 1 y 2 ppm, normales y superior a 3 ppm, elevados. En el caso de contenidos deficitarios (< de 0,5 ppm), se deben aportar en pre-siembra entre 0,5 y 3 kg/ha de boro dependiendo del déficit.

La deficiencia de calcio se manifiesta inicialmente por una disminución del desarrollo de la planta, con aparición de clorosis en la periferia de los folíolos y nervios, cambio a color marrón de las hojas del centro de la planta y presencia de zonas necróticas muy pronunciadas en el pecíolo. Cuando la deficiencia es acusada, la clorosis progresa ha-

EL KUHNN, EL DA LA DIFERENCIA



Gama Fertilización

**MAYOR PRECISIÓN
PARA UN MAYOR AHORRO
Y UN MAYOR RESPETO
DEL MEDIO AMBIENTE**

El futuro pertenece a aquellos que sepan invertir en aperos que minimicen los daños ambientales y realicen una fertilización optimizada (tanto a nivel económico como agronómico). Con estas abonadoras innovadoras, de gran precisión, con regulaciones sencillas y respetando las últimas normas medio ambientales en vigor, ¡KUHN es el mejor aliado para conseguir este desafío!



Gama MDS 55-85: 10 a 18 m



Gama MDS 750-950: 10 a 24 m



Gama MDS 1135-1145: 12 a 28 m



Gama AXERA: 12 a 42 m



Gama AERO: 12 a 24 m



www.kuhn.es

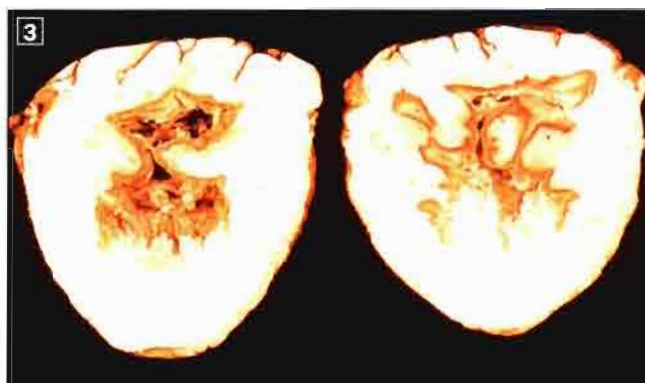


**175
Years of Excellence**

KUHN IBÉRICA, S.A.

Pol. Ind. Los Frailes, 23 • 28814 Daganzo (Madrid) • Tel.: 91 878 22 60 • Fax: 91 878 25 01

e-mail: info@kuhn.es



cia el interior de los folíolos y aparecen puntos necróticos, evolucionando las hojas centrales a necrosis (corazón negro) (foto 4).

La deficiencia de N se manifiesta por una reducción del cre-

cimiento, dando lugar a plantas poco vigorosas con hojas de color verde pálido. Cuando la deficiencia es acusada, el crecimiento se paraliza, el amarilleamiento se intensifica generalizándose a toda la planta (foto 5).



CUADRO III.

RANGO DE SUFICIENCIA DE NUTRIENTES DEL APIO (CONTENIDO EN MATERIA SECA).

Nutrientes	Mills y Jones (1996)	Rincón et al. (2002)	
	Pecíolos de hojas adultas	Limbo foliar	Pecíolo de hoja adulta
N (%/m.s)	1,6-2,0	3,2-4,6	1,2-2,5
P (%/m.s)	0,3-0,6	0,35-0,4	0,3-0,4
K (%/m.s)	8,6-10	3,2-5,0	6,2-7,8
Ca (%/m.s)	2,2-3,5	2,5-3,1	0,8-1,5
Mg (%/m.s)	0,25-0,5	0,6-0,7	0,25-0,6
Fe (ppm)	30-100	—	—
Mn (ppm)	10-100	—	—
Zn (ppm)	25-100	—	—
Cu (ppm)	2-15	—	—
B (ppm)	25-50	—	—

CUADRO IV.

NIVELES DE SUFICIENCIA DE NUTRIENTES DEL APIO (CONTENIDO EN MATERIA SECA).

Elemento	Muestreo de la planta y momento					
	Pecíolo exterior. Ses semanas después del trasplante.			Pecíolo exterior Recolección.		
	D	M	A	D	M	A
N (%/m.s)	< 1,5	1,5-1,7	>1,7	< 1,5	1,5-1,7	>1,7
P (%/m.s)	<0,3	0,3-0,6	>0,6	<0,3	0,3-0,6	>0,6
K (%/m.s)	<1,5	1,5-3,0	>3,0	<6,0	6,0-8,0	>8,0
Ca (%/m.s)	<1,3	1,3-2,0	>2,0	<1,3	1,3-2,0	>2,0
Mg (%/m.s)	<0,3	0,3-0,6	>0,6	<0,3	0,3-0,6	>0,6
Fe (ppm)	<30	30-60	>100	<20	20-30	<100
Mn (ppm)	<5	5-10	>20	<5	5-10	>20
Zn (ppm)	<20	20-40	>60	<20	20-40	>60
B (ppm)	<15	15-25	>25	<20	20-40	>40
Cu (ppm)	<20	5-10	>10	<4	4-6	—

Fuente: Mainard y Hochmuth, 1997. D: deficiente; M: medio; A: alto.



La deficiencia de potasio se representa por una disminución del crecimiento vegetativo y la aparición de amarilleamiento ocre en las hojas adultas, intensificado en la periferia de los folíolos y alrededor de los nervios (foto 6). Cuando la deficiencia es más acusada, el amarilleamiento se extiende al folíolo, desecándose los vértices y márgenes.

Los síntomas de la deficiencia de magnesio se inician con la aparición de clorosis internervial que va desde el centro del folíolo hacia los bordes. En estado avanzado se produce un punteado necrótico no generalizado que se extiende formando manchas necróticas (foto 7).