

23 ABONADO DE LOS CULTIVOS HORTÍCOLAS

Carlos Ramos Mompó

Doctor Ingeniero Agrónomo

Fernando Pomares García

Doctor Ingeniero Agrónomo

*Instituto Valenciano de Investigaciones
Agrarias (IVIA)*

CONSIDERACIONES GENERALES

Los cultivos hortícolas comprenden un gran número de especies botánicas con exigencias de suelo y clima muy variables. Algunos de estos cultivos son típicos de los meses más fríos, como el caso de la alcachofa o la coliflor, mientras que otros se cultivan en los meses más cálidos, como el melón, la sandía o el tomate.

En la tabla 23.1 se presentan los principales cultivos hortícolas en España y en la tabla 23.2 las superficies de cultivo de los mismos en las diferentes Comunidades Autónomas.

NECESIDADES NUTRICIONALES

Papel de los nutrientes en la producción y calidad de los cultivos hortícolas

La producción y calidad de los cultivos hortícolas están influidos por los niveles de disponi-



Productos hortícolas

bilidad de los macro y micronutrientes en el suelo, sobre todo cuando estos niveles están fuera del rango de suficiencia. El nitrógeno es el nutriente que más frecuentemente limita la producción, aunque en otros casos el factor limitante puede ser la disponibilidad de fósforo y potasio, o bien de algún micronutriente. La influencia que cada nutriente puede tener sobre la calidad del producto hortícola, depende mucho de cada cultivo. Por ejemplo, un exceso de nitrógeno eleva el contenido de nitrato en la lechuga y la espinaca y este aumento puede afectar a su valor comercial.

Hay evidencia de que un incremento de nitrato en el suelo produce una disminución del

Tabla 23.1. Superficie de cultivo y producción de los principales cultivos hortícolas en España. Año 2007

Cultivo	Superficie (000 ha)			Producción (000 t)	
	Secano	Regadío			Total
		Aire libre	Protegido		
Ajo	1,3	15,4	-	16,7	151,7
Alcachofa	0,09	17,2	-	17,3	226,3
Cebolla	0,7	21,5	0,1	22,3	1.184
Coliflor	0,2	24,6	-	24,8	440,3
Espárrago	2,6	7,2	1,2	11,0	35,4
Guisantes	0,4	11,9	0,1	12,4	73,9
Judías verdes	0,7	8,9	5,3	14,9	220,4
Lechuga	0,2	33,9	0,8	34,9	947,6
Melón	3,8	25,4	9,4	38,6	1.183,2
Pimiento	0,3	9,6	11,9	21,8	1.057,5
Sandía	1,4	10,5	5,0	16,9	790
Tomate	0,5	32,8	20,0	53,3	4.081,5
Zanahoria	0,1	7,8	-	7,9	426
Otros	12,2	55,0	20,5	86,7	2.683,2
TOTAL	23,5	281,7	74,3	379,5	13.501

Fuente : MARM (2008)

Tabla 23.2. Distribución de la superficie dedicada a cultivos hortícolas en las diferentes CC.AA. (ha). Año 2007

CC.AA.	Secano	Regadío		Total
		Aire libre	Protegido	
Galicia	7.358	5.728	2.117	15.203
P. de Asturias	689	142	109	940
Cantabria	125	-	-	125
País Vasco	973	1.345	262	2.580
Navarra	1.024	17.371	271	18.666
La Rioja	-	6.166	153	6.319
Aragón	198	8.977	33	9.208
Cataluña	745	12.948	539	14.232
Baleares	126	2.095	226	2.447
Castilla y León	609	14.704	122	15.435
Madrid	53	1.645	171	1.869
Castilla-La Mancha	1.582	47.578	280	49.440
C. Valenciana	474	22.275	2.207	24.956
R. de Murcia	-	42.653	5.561	48.214
Extremadura	1.547	26.801	3.938	32.286
Andalucía	7.787	67.790	55.386	130.963
Canarias	248	3.504	2.928	6.681
ESPAÑA	23.538	281.722	74.303	379.564

Fuente : MARM (2008)

contenido de vitamina C en algunas hortalizas. En algunos casos, el exceso de nitrógeno produce alteraciones fisiológicas que disminuyen el valor comercial de las hortalizas como, por ejemplo, el tallo hueco de la coliflor y el pardeamiento del nervio central de la col cuando se almacena en cámara frigorífica. Algunos proble-

mas de calidad están ligados a la nutrición como ocurre con el "tipburn" o necrosis apical, en hortalizas de hoja como la lechuga y la col china, que se ha asociado a una deficiencia de calcio, y el tallo hueco en brócoli y coliflor que se atribuye a un exceso de nitrógeno o a una carencia de boro o de magnesio.

Necesidades de nutrientes

Las necesidades de nutrientes varían según el cultivo y la producción. Conviene distinguir entre las necesidades de abonado y la extracción de nutrientes, sobre todo en el caso del nitrógeno, ya que las necesidades de abonado pueden ser superiores o inferiores a la extracción de nutrientes, dependiendo del contenido de estos nutrientes en el suelo antes del abonado y de las pérdidas que pueda haber por lixiviación, inmovilización, volatilización, etc. Por otra parte, al hablar de extracciones, conviene distinguir si nos referimos a la absorción de nutrientes del suelo por la planta o bien, a la cantidad de nutrientes que salen del campo con la cosecha (descontando de lo absorbido por la planta lo que queda en el campo con los residuos de cosecha).

En las tablas 23.3.1, 23.3.2 y 23.3.3 se presentan los rangos de producción y extracción de nutrientes de los principales cultivos hortícolas en cultivo al aire libre. Los datos de extracción de nutrientes que aparecen corresponden al contenido en la planta (excluyendo las raíces) para la producción comercial especificada. Para producciones diferentes, la extracción se puede aproximar suponiendo que es proporcional a la producción comercial. La extracción de nutrientes del suelo se calcula restando de la absorción de nutrientes por la planta el contenido de los mismos en los residuos de cosecha que quedan en el campo.

La absorción de nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo sigue una pauta similar a la del crecimiento, es decir, hay una fase inicial lenta, seguida de una fase de absorción rápida en la que se produce la mayor acumulación de materia seca y

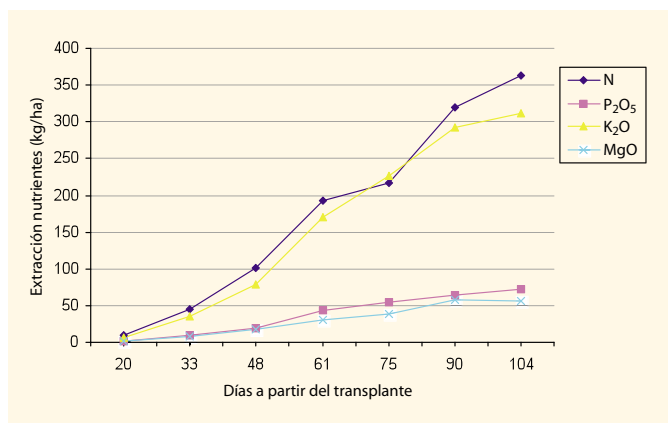
de nutrientes en la planta. En algunos casos existe una tercera fase en que la absorción de nutrientes y el crecimiento disminuyen claramente, mientras que en otros, la recolección se realiza antes de que se llegue a esta tercera fase. En la figura 23.1 se presenta la absorción de los macronutrientes por un cultivo de brócoli. En esta figura, la absorción de fósforo, potasio y magnesio, se presenta en forma de P_2O_5 , K_2O y MgO , respectivamente.

En este capítulo nos hemos centrado en los nutrientes que normalmente se incluyen en el programa de fertilización de los cultivos, es decir, nitrógeno, fósforo y potasio, ya que las carencias o toxicidades por micronutrientes no son frecuentes en cultivos al aire libre.

Deficiencias nutritivas

Las deficiencias de nutrientes producen una disminución en la producción y calidad de las cosechas y se manifiestan, cuando son más acusadas, en unos síntomas visuales. La deficiencia de nitrógeno suele producir una disminución del crecimiento y un color más pálido o amarillento de las hojas. La deficiencia de fósforo normalmente produce tonos

Figura 23.1. Ritmo de absorción de nutrientes por el cultivo de brócoli



Tablas 23.3.1, 23.3.2 y 23.3.3. Extracción del suelo de los principales nutrientes para los cultivos hortícolas más importantes y contenido aproximado de los mismos en los residuos de cosecha para las producciones señaladas ^{(1) (2) (5)}

Tablas 23.3.1

	Producción comercial (t/ha)	Absorción de N		N en residuos de cosecha ⁽³⁾ (kg/ha)
		por produc. comerc. (kg/t)	por superficie (kg/ha)	
Alcachofa	17	11-15	190-260	80-150 ⁽⁴⁾
Apio	70	2,8-4,1	200-290	60-90
Berenjena	60	3,5-5,2	210-310	100-160
Brócoli	17	12-18	200-310	150-230
Calabacín	25	3-4	75-100	20-30
Cebolla	65	2,1-2,5	140-160	20-40
Col	50	3,8-4,2	190-210	90-120
Col china	65	2,7-3,5	180-230	80-110
Coliflor	30	7,5-8,5	220-250	120-150
Espinaca	25	4,5-5,2	110-130	20-50
Guisantes	4	25-30	100-120	60-80
Judías verdes	14	8-12	110-170	30-60
Lechuga	35	2,2-2,7	80-100	15-30
Melón	35	3,2-4	110-140	30-40
Pepino	30	2,8-3,5	80-110	20-30
Pimiento	60	3-4,5	180-270	110-160
Puerro	30	3,3-5	100-150	10-30
Rábano	25	2,3-3,2	60-80	5-10
Sandía	50	2,2-2,6	110-130	30-40
Tomate	60	2,5-3,5	150-210	45-60
Zanahoria	65	2,4-3	160-200	60-110

Tabla 23.3.2

	Producción comercial t/ha	Absorción de P ₂ O ₅		P ₂ O ₅ en residuos de cosecha ⁽³⁾ (kg/ha)
		por produc. comerc. (kg/t)	por superficie (kg/ha)	
Alcachofa	17	3,5-5,3	60-90	40-80
Apio	70	1,4-1,9	100-130	25-40
Berenjena	60	1,5-2	90-120	30-50
Brócoli	17	4,7-5,9	80-100	50-70
Calabacín	25	1,3-1,6	30-40	5-15
Cebolla	65	0,9-1,5	60-100	3-6
Col	50	1,3-1,5	65-75	20-30
Col china	65	1,1-1,4	70-90	25-40
Coliflor	30	2,3-3	70-90	40-60
Espinaca	25	1,5-1,8	38-45	8-15
Guisantes	4	10-15	40-60	15-25
Judías verdes	14	2,9-4,3	40-60	25-35
Lechuga	35	0,8-1,4	30-50	5-8
Melón	35	1,4-2,6	50-60	15-20
Pepino	30	1,2-1,5	35-45	10-20
Pimiento	60	1,2-1,7	70-100	35-60
Puerro	30	1,5-2	45-60	5-10
Rábano	25	1,2-1,6	30-40	3-5
Sandía	50	1-1,3	50-60	10-20
Tomate	60	1,1-1,5	60-90	20-55
Zanahoria	65	1,1-1,3	70-85	20-40

Tabla 23.3.3

	Producción comercial (t/ha)	Absorción de K ₂ O		K ₂ O en residuos de cosecha ⁽³⁾ (kg/ha)
		por produc. comerc. (kg/t)	por superficie (kg/ha)	
Alcachofa	17	22-24	370-420	150-300
Apio	70	5,5-8,5	380-600	130-170
Berenjena	60	5,4-6,7	320-400	180-220
Brócoli	17	22-27	370-450	250-290
Calabacín	25	4,5-6,4	110-160	20-40
Cebolla	65	3-3,8	200-250	5-15
Col	50	5,8-6,4	290-320	110-130
Col china	65	3,5-5,6	230-360	150-180
Coliflor	30	10-12	300-360	160-180
Espinaca	25	7,2-8,8	180-220	50-60
Guisantes	4	22-35	90-140	80-100
Judías verdes	14	12-16	170-220	60-80
Lechuga	35	4,6-6	160-210	25-35
Melón	35	7,1-9,4	250-330	80-100
Pepino	30	3-4	90-120	30-50
Pimiento	60	5,5-6	330-360	180-220
Puerro	30	4,4-6,7	130-200	10-30
Rábano	25	3,6-4,5	90-110	10-20
Sandía	50	2,8-3,7	140-190	30-50
Tomate	60	5-5,5	300-330	80-120
Zanahoria	65	4,6-7	300-450	140-170

(1) En la extracción de nutrientes, en general, no se ha incluido el contenido de nutrientes en las raíces.

(2) La extracción de nutrientes del campo se calcula restando de la absorción el contenido de nutrientes en los residuos de cosecha.

(3) Estos valores son orientativos y pueden variar en función de la cantidad de residuos que queden en el campo.

(4) El N de los residuos se volatiliza en su mayor parte si éstos se queman.

(5) Los valores que aparecen en esta tabla se han elaborado a partir de varias fuentes. Algunas de las más importantes se citan en la sección de bibliografía.

Fuente : *Elaboración propia*

púrpura en las hojas más viejas, aunque en las plantas pequeñas puede haber una restricción importante del crecimiento sin apenas síntomas foliares. La deficiencia de potasio se manifiesta, en algunos casos, por una necrosis de los bordes de las hojas y un curvamiento hacia arriba de los mismos. La falta de calcio suele producir una necrosis de los bordes de las hojas más jóvenes (lo que se conoce como “necrosis apical”). La carencia de magnesio provoca un amarillamiento internerual en las hojas más viejas. Una buena fuente de información sobre carencias nutritivas en hortalizas (con fotos) se puede consultar en: <http://www.hbci.com/~wenonah/min-def/list.htm>

RECOMENDACIONES DE ABONADO

Cálculo de la dosis

La dosis de nutrientes a aplicar en cada caso depende fundamentalmente de las extracciones del cultivo, del contenido de nutrientes en el suelo y de su eficiencia de utilización por el cultivo. Las extracciones de nutrientes dependen principalmente de la producción, mientras que la eficiencia de utilización, sobre todo en el caso del nitrógeno, depende fundamentalmente del sistema radicular del cultivo, del manejo del abonado y de la eficiencia de riego. A continuación se indican las ideas básicas para el cálculo de las dosis de abonado para los tres nutrientes principales: nitrógeno, fósforo y potasio.

Nitrógeno

No hay un enfoque único sobre cómo determinar las necesidades de abonado nitrogenado, aunque el método denominado Nmin es un sistema que se emplea bastante en algunos países europeos. En España la información experimental que existe para poder aplicar este método en las diferentes zonas, suelos y prácticas de cultivo es aún reducida en los cultivos hortícolas. Un procedimiento que permite aproximarse a las necesidades de abonado nitrogenado en todos los casos, se basa en un balance de nitrógeno en la capa de suelo en la que se desarro-



Riego por surcos en col china

llan la mayor parte de las raíces que, en general, se considera que comprende los primeros 60 cm.

Para aplicar este balance en una recomendación de abonado conviene tener en cuenta que, para que no disminuya la producción por falta de N en el suelo, es necesario que el contenido de N mineral en el suelo al final del cultivo no sea inferior a un valor mínimo. Este valor mínimo lo podemos considerar, pues, como un requerimiento al realizar el balance. Los valores aproximados de este contenido mínimo para los diferentes cultivos hortícolas se indican más adelante.

La cantidad de fertilizante nitrogenado a aplicar en un cultivo sería:

- **Dosis de fertilizante** = (Extracción de N por la planta + Lixiviación + Inmovilización + Pérdidas gaseosas + Contenido mínimo de N mineral en el suelo al final del cultivo) – (Aporte por residuos de cosecha + Contenido de N mineral en el suelo al inicio del cultivo + Mineralización de la materia orgánica del suelo + Mineralización de las enmiendas orgánicas + Aporte con el agua de riego).

La aplicación de este balance para determinar las necesidades de abonado tiene el inconveniente de que requiere conocer términos que son difíciles de determinar (lixiviación, pérdidas gaseosas, inmovilización). Por eso, en la práctica, conviene aplicar un balance simplificado en el que sólo se tienen en cuenta los términos más importantes:

- **Dosis de fertilizante** = (Extracción de N por la planta + Contenido mínimo de N mineral en el suelo al final del cultivo) – (Aporte por residuos de cosecha + Contenido de N mineral en el suelo al inicio del cultivo + Mineralización de la materia orgánica del suelo + Mineralización de las enmiendas orgánicas + Aporte con el agua de riego).

Dado que en este balance simplificado se ignoran las pérdidas por lixiviación, las pérdidas gaseosas y la inmovilización, es aconsejable aumentar las dosis de fertilizante calculadas un 10-20 %.

A continuación se describe cómo se determinan cada uno de los términos del balance simplificado:

- La **extracción de N por la planta** para la producción esperada se puede calcular empleando los valores que aparecen en la tabla 23.3.1 (absorción total de N en kg/ha).
- El **contenido de N mineral mínimo** en el suelo al final del cultivo en la mayoría de los

cultivos oscila entre los 30 y 60 kg N/ha (en la capa 0-60 cm). En el caso del brócoli temprano, la coliflor, el puerro, la cebolla y la espinaca, los valores oscilan entre 60 y 90 kg N/ha.

- El **aporte de N en los residuos de cosecha** se puede estimar utilizando los datos de la tabla 23.3.1, teniendo en cuenta que el N de estos residuos tiene que mineralizarse (convertirse en amonio y nitrato) antes de estar disponible para las plantas. Entre el 40-80% de este N puede estar disponible para el cultivo al cabo de 2-3 meses, si estos residuos se incorporan al suelo.
- El **contenido de N mineral del suelo al inicio del cultivo** suele ser elevado y, por tanto, su determinación es importante. Esta determinación se realiza mediante muestreo de suelo y análisis de nitrato y amonio. En el caso de que no se tenga una medida del N mineral del suelo al inicio del cultivo, se pueden hacer aproximaciones para estimar este valor, teniendo en cuenta el cultivo anterior, ya que hay cultivos que suelen dejar poco N mineral residual en el suelo al final del cultivo, mientras que otros dejan cantidades elevadas. La cantidad de N mineral residual también depende de la cantidad de fertilizante que se haya empleado en el cultivo anterior en comparación a sus necesidades.
- El **aporte de N por mineralización de la materia orgánica** o humus del suelo, se puede estimar utilizando los valores que se dan en la tabla 4.2, de acuerdo con el contenido de materia orgánica del suelo y su textura.
- El **aporte de N por mineralización de las enmiendas orgánicas** se calculará teniendo en cuenta la riqueza en N de la enmienda aplicada y la velocidad de mineralización (capítulo 6).
- El **aporte de N con el agua de riego** se calcula a partir del agua aplicada y de su con-

centración de nitrato, teniendo en cuenta que el nitrato tiene 22,6% de N. El contenido de amonio en el agua de riego es despreciable, excepto cuando se emplean aguas residuales depuradas. En la tabla 3.1 se indican las aportaciones en nitrato del agua de riego en función de su contenido en N y de la dosis de riego utilizada.

Fósforo y Potasio

La estrategia de fertilización fosfatada y potásica debe contemplar la aportación de una cantidad de fósforo y potasio que sea suficiente para cubrir las necesidades del cultivo en estos elementos y, al mismo tiempo, mantener el suelo con unos niveles satisfactorios de fósforo y potasio asimilables.

El cálculo de las necesidades de abonado fosfatado y potásico se puede realizar mediante un balance simplificado de estos nutrientes en el suelo, que incluya las principales entradas y salidas en el sistema suelo-planta.

La cantidad de fertilizante fosfatado o potásico que se necesita aplicar a un cultivo se puede obtener a partir de la fórmula siguiente:

- **Dosis de fertilizante** = (Extracción de fósforo o potasio por el cultivo + Lixiviación + Fijación) – (Aporte de la reserva del suelo en nutrientes asimilables + Aporte por los restos de cosecha + Aporte con las enmiendas y abonos orgánicos + Aporte con el agua de riego).

Dado que en este balance algunos términos son de difícil determinación o predicción, como sucede con los procesos de lixiviación y fijación, se puede recurrir a un balance simplificado que incluya únicamente los términos más relevantes:

- **Dosis de fertilizante** = Extracción de fósforo o potasio por el cultivo – (Aporte de la

reserva del suelo en nutrientes asimilables + Aporte por los restos de cosecha + Aporte con las enmiendas y abonos orgánicos + Aporte con el agua de riego).

La determinación de cada uno de estos términos se realiza como se indica a continuación:

- La **extracción del fósforo o potasio por el cultivo** para la producción prevista se puede calcular a partir de las cifras que se indican en las tablas 23.3.2 y 23.3.3 (absorción total de P_2O_5 y K_2O en kg/ha).
- El **P o K asimilables disponibles de la reserva del suelo** se determina en función del nivel de riqueza del suelo en estos nutrientes, para lo cual se requiere conocer la fertilidad del suelo mediante el análisis químico del mismo y su posterior interpretación de los resultados, utilizando los valores de las tablas 10.1 y 11.1.
- El **aporte de P y K en los restos del cultivo precedente** se puede estimar a partir de los valores que se muestran en las tablas 23.3.2

y 23.3.3. A efectos prácticos de cálculo se puede considerar el 100% de este P y K como disponible para los cultivos siguientes, en el supuesto de que tales residuos se incorporen al suelo.

- El **aporte de P y K en las enmiendas y abonos orgánicos** se puede obtener conociendo la dosis, el tipo de producto aplicado y las características físico-químicas del mismo. En el capítulo 6 se indican los contenidos de P y K de las enmiendas y abonos orgánicos.
- El **aporte de K con el agua de riego** se puede calcular a partir de la dosis de agua aplicada y de su concentración de potasio. Este aporte tiene una cierta importancia cuando se utilizan aguas subterráneas para el riego. Así pues, en el supuesto de que se riegue con un agua que tenga 10 mg de potasio/l, y que se aplique una dosis de 4.000 m³/ha, la cantidad de potasio añadida con el agua de riego sería 40 kg K/ha, que equivalen a 48 kg K_2O /ha.



Cultivo de col lombarda

Tabla 23.4. Necesidades aproximadas de N, P₂O₅ y K₂O de diferentes cultivos hortícolas para los niveles de producción indicados con riego por surcos ⁽¹⁾

Cultivo	Producción (t/ha)	Necesidades de N (kg/ha)	Necesidades de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Necesidades de K ₂ O (kg/ha)
Al aire libre				
Alcachofa	15-20	250-290	60-90	300-380
Apio	60-80	280-320	100-130	380-600
Berenjena	50-70	290-330	90-120	320-400
Brócoli	15-20	280-320	80-100	370-450
Calabacín	25-35	100-120	30-40	110-160
Cebolla	60-70	170-190	60-100	200-250
Col	35-45	230-250	65-75	290-320
Col china	60-70	220-260	70-90	230-360
Coliflor	25-35	260-300	70-90	300-360
Espinaca	25-30	140-160	40-50	180-220
Guisante	3-5	80-130	40-60	90-140
Judía verdes	12-16	80-120	40-60	130-160
Lechuga	30-40	120-140	30-50	180-230
Melón	30-40	140-160	50-60	250-330
Pepino	25-35	100-120	40-50	120-160
Pimiento	50-60	220-280	80-100	300-340
Puerro	35-45	150-190	45-60	130-200
Rábano	25-30	80-100	30-40	90-110
Sandía	55-65	140-170	60-70	180-220
Tomate	55-65	200-240	65-90	300-330
Zanahoria	60-70	170-210	70-85	300-450
En invernadero⁽²⁾				
Berenjena	65-75	370-390	120-150	400-480
Calabacín	50-60	200-250	60-80	220-300
Judía verdes	13-17	90-130	50-70	140-160
Melón	50-65	220-260	80-100	370-400
Pepino	75-85	220-280	130-150	260-320
Pimiento	55-65	270-290	90-120	350-400
Sandía	55-65	140-170	60-70	180-220
Tomate	100-120	380-410	160-180	600-700

(1) En el texto se explica como utilizar estos datos para determinar las necesidades de abonado específicas de un cultivo. En el caso del riego localizado, los valores indicados para el N deben reducirse un 15% si se considera la misma producción.

(2) Con riego localizado (elaborado a partir de Reche (2008), Cabello y Cabrera (2003) y datos facilitados por M.L. Segura (IFAPA, Almería)).

Dosis de nutrientes recomendadas

A modo orientativo, en la tabla 23.4 se indican las dosis de abonado que pueden emplearse para los niveles de producción especificados, si no se dispone de una información local de los servicios técnicos de agricultura que se haya obtenido mediante estudios técnicos en la zona.

Para determinar las dosis adecuadas de N a aplicar en el abonado en un caso concreto, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Necesidades de abonado N} = \frac{\text{Necesidades de N (tabla 23.4)} \times \text{Fc}}{\text{Nmin suelo} - \text{Nriego}}$$

donde:

- **Fc** es el factor de proporcionalidad entre la producción típica de la zona y la que aparece en la tabla 23.4.
- **Nmin suelo** es el nitrógeno mineral en el suelo en la capa de 0-60 cm, poco antes de la siembra o plantación.
- **Nriego** es el N aportado en el agua de riego.

En los cultivos de leguminosas, estas indicaciones para el cálculo de abonado nitrogenado mediante el balance de nitrógeno son de más difícil aplicación, ya que en este caso una parte importante de las entradas de N (fijación biológica) es de difícil cuantificación.

Para calcular las dosis necesarias de P y K a aplicar en el abonado en un cultivo determinado se puede utilizar la fórmula siguiente:

$$\text{Necesidades de abonado PK} = \text{Necesidades de P y K por el cultivo (tabla 23.4)} \times F_c \times F_s - \text{PK restos de cosecha} - \text{PK productos orgánicos} - \text{K riego}$$

donde:

- **F_c** es el factor de proporcionalidad entre la producción normal de la zona y la que se muestra en la tabla 23.4.
- **F_s** es el factor corrector en función de la riqueza del suelo en P y K asimilables (tablas 10.1 y 11.1). Los valores de F_s para los niveles Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto son: 1,5, 1,3-1,4, 0,8-1,2, 0,1-0,7 y 0, respectivamente.
- **PK restos de cosecha**, que se estiman a partir de los valores de las tablas 23.3.2 y 23.3.3.
- **PK productos orgánicos**, que se estiman a partir de la información comercial, análisis químico o valores de tablas estándar recogidos en el capítulo 6.
- **K riego** es el K aportado con el agua de riego.

En los cultivos de invierno, se ha observado que, debido a las bajas temperaturas, es conveniente realizar una aplicación moderada (alrededor de un 50% de la dosis de restitución) de abono fosfatado, incluso en suelos con niveles altos de fósforo asimilable.

Épocas y momentos de aplicación

Una vez determinadas las necesidades de abonado, hay que establecer los momentos adecuados para su aplicación. La idea principal del fraccionamiento del abonado, sobre todo en el caso del nitrógeno, es que permite aumentar la eficiencia de uso del fertilizante al acompañar mejor el suministro del nutriente con su absor-

ción por el cultivo. En el caso del riego tradicional (por surcos o por inundación), la distribución temporal debe ser aproximadamente:

Abonado de fondo:

- Nitrógeno: 20-40% del total.
- Fósforo: 100% del total.
- Potasio: 100% del total.

Abonado de cobertera:

- Nitrógeno: 60-80% del total, repartido en una o varias aplicaciones, dependiendo de la duración del cultivo, evitando aplicar en la última parte del ciclo de cultivo.

En el caso de la fertirrigación la distribución del N, P y K es mucho más fraccionada y, en general, debe aplicarse entre un 20-30% en el primer tercio del ciclo de cultivo, un 50-60% en el segundo tercio, y un 10-30% en el último tercio del ciclo.

Algunas normas básicas que conviene tener en cuenta son:

- En la fase inicial del cultivo, las exigencias de nutrientes son bajas, pero si se produce un déficit de nitrógeno los efectos sobre el crecimiento pueden ser irreversibles.
- Durante los períodos fenológicos como la floración, el cuajado y la formación de bulbos, deben evitarse aplicaciones excesivas de nitrógeno.
- En la fase final del cultivo, la aplicación de N deber ser pequeña o nula, ya que puede repercutir negativamente en la calidad y puede ocasionar niveles altos de N mineral en el suelo que, posteriormente, podría lixiviarse.

Forma en que se aportan los nutrientes

Los nutrientes se pueden aportar en forma mineral (fertilizantes minerales) o en forma or-

gánica (estiércol, purín, compost, etc.). Dentro de los fertilizantes minerales podemos considerar las diferentes formas químicas que, para el nitrógeno son, básicamente, la amoniacal, la nítrica y la ureica.



La baja uniformidad de aplicación de los fertilizantes disminuye su eficiencia

Cuando se emplea riego tradicional, en el abonado de fondo se debe utilizar la forma ureica o amoniacal, porque están menos expuestas a la lixiviación, mientras que en los abonados de cobertera se recomienda emplear cualquiera de ellas, preferentemente las formas nítrico-amoniacaes o nítricas. Aunque la urea no tiene carga iónica y no se absorbe al suelo, debido a que se transforma con mucha rapidez en amonio, se lixivia con menos facilidad que el nitrato. En el caso que se emplee la fertirrigación, conviene tener en cuenta que cuando las temperaturas son bajas, un 25-50% del N aplicado debería estar en forma nítrica, mientras que en tiempo más cálido, como la nitrificación es más rápida a estas temperaturas, se pueden emplear las formas amoniacaes en mayor proporción.

Enmiendas orgánicas

En la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo, su calidad agronómica es un aspecto de crucial importancia. En general, es recomendable aplicar productos orgánicos estabilizados e higienizados mediante un proceso de compostaje o similar, con la finalidad de reducir los posibles riesgos derivados de la aplicación de las materias orgánicas crudas, como la inmovilización del nitrógeno, la liberación de compuestos fitotóxicos, la presencia de microorganismos patógenos, semillas de malas hierbas, etc. Asimismo, las enmiendas y los abonos orgánicos deben presentar unos contenidos de metales pesados inferiores a los máximos admisibles por las normativas vigentes.

CONSEJOS PRÁCTICOS DE ABONADO

En los apartados anteriores se han resumido las principales ideas para determinar el abonado más apropiado de los cultivos hortícolas. A continuación, se hacen algunas sugerencias que pueden ayudar a mejorar la eficiencia de los fertilizantes:

- La uniformidad en la distribución de los fertilizantes y del agua de riego aumenta la eficiencia del uso de los fertilizantes y del agua.
- Cuando se aplican abonos o enmiendas orgánicas conviene incorporarlos al suelo poco después de su aplicación para, así, disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización o por escorrentía.
- Un buen manejo del riego reduce las pérdidas de agua por percolación profunda y, por tanto, reduce las pérdidas de nitrato por lixiviación.
- Si se producen lluvias importantes que hayan podido producir lixivaciones o lavados importantes del nitrato, puede ser necesario realizar algún abonado nitrogenado adicional para compensar estas pérdidas.



Ensayos sobre fertirrigación en pimiento

- En el caso del riego por surcos o inundación, el fraccionamiento de las aplicaciones de los fertilizantes tiene que ser mayor en el caso de suelos más arenosos, pedregosos o poco profundos.
- En cada Comunidad Autónoma, los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias y los Servicios Técnicos de las Consejerías de Agricultura ofrecen información útil sobre el abonado de los cultivos hortícolas.
- En los cultivos de invierno es conveniente realizar una aplicación moderada (un 50% de la dosis de restitución) de abono fosfatado, incluso en suelos con niveles altos de fósforo asimilable.

Bibliografía

- Cabello, A.; Cabrera, R., 2003. Consideraciones sobre la fertilización nitrogenada en los cultivos hortícolas de invernadero en Almería. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Feller, C.; Fink, M., 2002. Nmin target values for field vegetables. *Acta Horticulturae* 571:195-201.
- Fink, M., Feller, C., Scharpf, H.-C., Weier, U., Maync, A., Ziegler, J., Paschold, P.J.; Strohmeyer, K., 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables – Recent data for fertiliser recommendations and nutrient balances. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162:71-73.
- Maroto, J.V., 2002. *Horticultura Herbácea especial* 5ª Ed. 702 pp. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. *Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera 2007*. Secretaría General Técnica, Madrid.
- Pomares, F., 2008. La fertilización y la fertirrigación, programas de nutrición, influencia sobre la programación. *Actas de Horticultura (SECH)* 50:133-143.
- Reche-Mármol, J., 2008. Agua, suelo y fertirrigación de cultivos hortícolas en invernadero. MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), Madrid.
- Scaife, A.; Bar-Yoseph, B., 1995. Fertilizing for high yield and quality. *Vegetables*. International Potash Institute, Bull. 13. Basel, Switzerland.
- Sepúlveda, J.; Garrós, V.; Ramos, C., 2003. El análisis rápido de nitrato en suelos y aguas. *Agrícola Vergel*, Mayo 273-278.
- Tremblay, N.; Scharpf, H.C.; Weier, U.; Laurence, H.; Owen, J., 2001. Nitrogen management in field vegetables. *A guide to efficient fertilization*. Agriculture and Agri-Food. Canada. 65 pp. (disponible en la web: <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/A42-92-2001E.pdf>).