

Bases de la fertilización ecológica en cultivos hortícolas

Necesidades fertilizantes de los distintos cultivos hortícolas en rotación y formas de aplicación de abonos ecológicos

La elaboración de un programa de fertilización ecológica de hortalizas exige una información básica sobre los cultivos de la rotación, el suelo y agua y la disponibilidad en materias orgánicas y productos fertilizantes comerciales. En este artículo se resumen las necesidades nutritivas de las hortícolas en rotación, la forma de calcular las necesidades de N, P y K, las dosis de enmiendas y abonos y la época de aplicación de los mismos.

Fernando Pomares.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

La agricultura ecológica es una modalidad de producción agraria cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de la máxima calidad respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad (calidad) del suelo mediante la utilización óptima de los recursos y sin empleo de productos químicos de síntesis. La agricultura ecológica intenta armonizar las innovaciones científico-técnicas y las prácticas agrícolas tradicionales, adecuándolas a las necesidades de gestión y orientándolas a lograr el máximo grado de autosuficiencia a nivel local. Así pues, en la agricultura ecológica se prescinde del uso de agroquímicos (fertilizantes, productos fitosanitarios, etc.) de origen sintético y se utilizan técnicas agrícolas tales como la rotación de cultivos, el reciclado de los residuos, la fertilización orgánica, la lucha biológica para el control de las plagas y enfermedades, etc., con la finalidad de minimizar la utilización de insumos externos al agrosistema y reducir al máximo el impacto ambiental.

Los objetivos que preconiza la agricultura ecológica son:

- Aumentar la diversidad biológica de los agrosistemas.
- Incrementar la actividad biológica del suelo.
- Mantener la fertilidad del suelo a largo plazo.
- Incorporar al suelo los residuos de origen vegetal y animal con objeto de reciclar los nutrientes y reducir el uso de recursos no renovables.
- Utilizar predominantemente los recursos renovables y autóctonos.
- Promover un uso sostenible del suelo y del agua, reduciendo al mínimo posible la contaminación ambiental derivada de las prácticas agrícolas.
- Aplicar métodos de tratamiento postcosecha y elaborar los adecuados para el mantenimiento de las cualidades organolépticas y nutricionales de los productos cosechados en todas las etapas de la cadena productor-consumidor.
- Es susceptible de establecerse en cualquier finca existente,



Ensayo de fertilización en sandía sin semillas. (Fundación Rural Caja Valencia).



Hinojo y alcachofa en producción ecológica e integrada.



Sandía sin semillas en producción ecológica e integrada.

siempre que transcurra un período de conversión, cuya duración dependerá de las circunstancias que concurren, principalmente el historial que presente la tierra.

Principios básicos de la fertilización ecológica

La fertilización en producción ecológica coincide con la fertilización en producción integrada en algunos aspectos agroecológicos básicos como:

- La exigencia de lograr una nutrición equilibrada, sin consumo de lujo.
- El fomento del aprovechamiento de los mecanismos naturales de fijación del nitrógeno mediante la implantación de leguminosas.

- La utilización de rotaciones de cultivos.
- El mantenimiento del nivel de fertilidad del suelo mediante la aplicación de materia orgánica al mismo, aprovechando todas las fuentes posibles (restos del cultivo, abonos verdes, enmiendas y abonos orgánicos, etc.).

No obstante, la fertilización ecológica se diferencia de la integrada en algunos puntos básicos:

- La no admisión de los fertilizantes químicos obtenidos mediante procesos de síntesis o en cuya fabricación hayan intervenido productos químicos sintéticos.
- Los productos orgánicos producidos en el agrosistema o bien de origen externo constituyen la principal fuente de suministro de nutrientes para los cultivos.
- Tampoco se acepta la utilización de algunas enmiendas orgánicas como lodos de depuradoras, compost de residuos domésticos (obtenidos sin recogida selectiva) y estiércoles de ganaderías intensivas, debido a los posibles riesgos potenciales de estos materiales como contaminantes (metales pesados, productos orgánicos de difícil degradación, etc.), que puedan afectar a la actividad biológica del suelo o a la calidad de los alimentos.
- De forma complementaria se aceptan en la producción ecológica, como fuente de nutrientes, los productos inorgánicos de origen natural que no hayan recibido ningún tratamiento químico. Estos fertilizantes contienen, normalmente, los nutrientes esenciales en formas insolubles, requiriendo una solubilización a tra-

CUADRO I. EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO POR LA COSECHA DE DIFERENTES CULTIVOS HORTÍCOLAS POR UNIDAD DE PRODUCCIÓN.

Cultivo	Rendimiento t/ha	N kg/t	P ₂ O ₅ kg/t	K ₂ O kg/t
Alcachofa	10 - 21	37 - 60	10 - 24	33 - 94
Apio	73 - 115	82 - 132	63 - 98	134 - 229
Brócoli	14 - 16	54 - 69	21 - 27	56 - 72
Cebolla	37 - 75	51 - 90	32 - 42	68 - 126
Coliflor	23 - 39	70 - 93	20 - 36	90 - 156
Hinojo	27 - 42	45 - 55	15 - 33	94 - 100
Judía Verde	7 - 16	19 - 44	5 - 18	26 - 65
Lechuga Iceberg	6 - 26	46 - 76	6 - 29	54 - 254
Lechuga Little Gem	7 - 21	17 - 40	7 - 20	40 - 72
Lechuga Romana	24 - 72	60 - 190	28 - 70	90 - 273
Maíz dulce	11 - 15	65 - 77	26 - 34	50 - 61
Patata	44 - 57	135 - 141	30 - 55	164 - 253
Pimiento	39 - 81	70 - 144	29 - 48	109 - 96
Sandía	48 - 135	57 - 221	40 - 56	62 - 197
Tomate	27 - 58	44 - 106	21 - 43	83 - 162

Datos obtenidos en varios ensayos realizados por el grupo del autor.

vés del proceso de meteorización previamente a su absorción por la planta.

Programa de fertilización en cultivos hortícolas ecológicos

La elaboración de un programa de fertilización en sistemas ecológicos de hortalizas exige, entre otros aspectos, una información básica sobre: los cultivos que se van a incluir en la rotación, las características del suelo y del agua de riego, las fuentes de materias orgánicas existentes en la propia finca o en el entorno (cantidad, calidad, regularidad en el suministro, precio, etc.) y la disponibilidad de productos fertilizantes comerciales (composición, precio, etc.).

Necesidades nutritivas de los cultivos de la rotación

Las necesidades o exigencias en elementos fertilizantes de los cultivos hortícolas son enormemente variables, debido a las diferencias inherentes a la especie, variedad, condiciones edáficas y de clima, sistema de riego, condiciones de cultivo, estado sanitario, etc, pudiendo destacar como cultivos más exigentes la alcachofa, las solanáceas, las crucíferas, las cucurbitáceas, entre otras.

A diferencia de lo que sucede en la fertilización convencional, que suele utilizar como información orientativa de las necesidades de fertilización tanto los valores estándar de requerimientos nutricionales (se pueden encontrar en las publicaciones sobre fertilización de los cultivos), como las extracciones totales de nutrientes por los cultivos, expresadas bien por unidad de superficie o por unidad de rendimiento, en la fertilización ecológica es conveniente utilizar el método del balance en el agrosistema entre las salidas (pérdidas) y entradas (aportaciones) de nutrientes como criterio determinante para calcular las necesidades en fertilizantes (Gómez *et al.*, 2002; Pomares *et al.*, 2003).

Un elemento clave dentro del conjunto de salidas de nutrientes del sistema lo constituye la cantidad de elementos fertilizantes exportada con los productos cosechados en cada cultivo, que puede estimarse a partir de valores estándar (**cuadro I**), que normalmente se encuentran en las



Rotación de cultivos en producción ecológica e integrada.

CUADRO II. CONTENIDO DE MATERIA SECA (%) Y MACRONUTRIENTES (%) EN LA COSECHA DE DOS ROTACIONES DE CULTIVOS HORTÍCOLAS ECOLÓGICOS.

Cultivo	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	N (%)	P (%)	K (%)
Rotación 1					
Alcachofa 1 ^{er} año	15,8	14,0	2,73	0,42	3,18
Alcachofa 2 ^o año	12,1	13,8	2,52	0,36	3,02
Lechuga Romana	33,7	3,9	3,96	0,54	4,52
Patata	63,8	17,9	1,44	0,27	2,67
Brócoli	11,1	11,2	5,61	0,77	4,12
Rotación 2					
Sandía	71,7	6,8	2,54	0,29	2,54
Hinojo	33,8	5,0	3,38	0,56	2,45
Lechuga Romana	58,3	3,4	3,31	0,55	8,21
Alcachofa 1 ^{er} año	14,4	19,2	1,78	0,28	2,25
Patata	51,3	17,9	1,40	0,23	2,38

Datos obtenidos en varios ensayos realizados por el grupo del autor.

CUADRO III. EXPORTACIÓN DE MACRONUTRIENTES POR UNIDAD DE SUPERFICIE CON LA COSECHA DE DOS ROTACIONES DE CULTIVOS HORTÍCOLAS ECOLÓGICOS.

Cultivo	Rendimiento (t/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Rotación 1				
Alcachofa 1 ^{er} año	15,8	60	22	86
Alcachofa 2 ^o año	12,1	52	18	76
Lechuga Romana	33,7	51	16	69
Patata	63,8	151	67	311
Brócoli	11,1	74	23	65
Total rotación	—	388	146	607
Rotación 2				
Sandía	71,7	124	33	149
Hinojo	33,8	57	22	50
Lechuga Romana	58,3	66	25	195
Alcachofa 1 ^{er} año	14,4	49	18	75
Patata	51,3	129	49	262
Total rotación	—	425	147	731

Datos obtenidos en varios ensayos realizados por el grupo del autor.

publicaciones sobre agricultura ecológica (Lampkin, 1998). Pero también pueden calcularse a partir de los datos de rendimiento y contenido de materia seca (%) y de elementos esenciales (%) en la cosecha de los diferentes cultivos (**cuadros II y III**).

Es conveniente actuar con mucha cautela en la aplicación de esta clase de información a zonas de cultivo muy diferentes a las originarias del estudio en cuestión.

Cálculo de las necesidades en nitrógeno de los cultivos de la rotación

Las necesidades en nitrógeno de los cultivos integrantes de la rotación pueden calcularse siguiendo el método del balance, considerando como salidas del sistema el nitrógeno contenido en la cosecha más el perdido en el suelo a través de los procesos de lixiviación, desnitrificación y volatilización, y como entradas al sistema, el nitrógeno derivado de fuentes externas, principalmente, el nitrógeno fijado por los microorganismos (*Rhizobium* y otros) del suelo y el aportado por el agua de riego, ya que el nitrógeno aportado con la lluvia, deposiciones secas o partículas sólidas es de poca importancia.

En los cultivos distintos a las leguminosas bajo condiciones de riego con agua de bajo nivel de nitrato puede utilizarse la exportación de nitrógeno por los productos cosechados como criterio para el cálculo de las necesidades de fertilizantes orgáni-

cos. Y, asimismo, en los cultivos de alto valor económico es conveniente aportar una pequeña cantidad adicional de abonos orgánicos para compensar las pérdidas inevitables de nitrógeno por lixiviación, desnitrificación, volatilización, etc.

Cálculo de las necesidades en fósforo de la rotación

Este cálculo se realiza en base a la exportación en fósforo por la cosecha en el conjunto de los cultivos de la rotación. Y, además, es conveniente tener en cuenta la riqueza del suelo en fósforo asimilable, indicada por el análisis del suelo e interpretada según los valores críticos correspondientes, utilizando un factor corrector desde 0 hasta 1,5, según el nivel resultante desde muy alto hasta bajo. Adicionalmente, se puede aportar una pequeña dosis de fósforo para compensar las pérdidas inevitables a través de diferentes procesos, principalmente, retrogradación o fijación.

En general, cuando se incluyen en la fertilización ecológica aportaciones periódicas de estiércoles o compost, no suele ser necesario un suplemento de fertilizantes minerales fosforados, ya que en los estiércoles y el compost la relación P/N suele ser mucho más alta que la resultante en el material vegetal de los productos cosechados.

En el supuesto, poco probable, de que en algún caso se presentaran carencias de fósforo, sobre todo en el período de conversión de cultivo convencional a cultivo ecológico, se debe estimar la cantidad de fósforo necesaria para corregir la carencia en un período de varios años mediante fertilizantes inorgánicos adecuados y/o abonos orgánicos.

Cálculo de las necesidades en potasio de la rotación

El procedimiento es similar al indicado anteriormente para el cálculo de las necesidades en fósforo. Ahora bien, la evaluación de la riqueza del suelo en potasio asimilable exige utilizar los valores críticos específicos del potasio.

Debido a las grandes reservas de potasio que existen en la mayoría de los suelos agrícolas, la respuesta a los fertilizantes potásicos suele ser escasa en los cultivos agrícolas. Ahora bien, los cultivos hortícolas son muy exigentes en potasio, las extracciones de este elemento suelen ser superiores a las de nitrógeno, de ahí que sea conveniente controlar las aportaciones de potasio que se realizan para lograr que el suelo mantenga su capacidad de suministro de este nutriente a largo plazo.

Dosis de enmiendas y abonos orgánicos y minerales

La cantidad necesaria de enmiendas orgánicas (compost, estiércol, etc.) para la rotación se puede obtener a partir del correspondiente balance de humus. Por otra parte, la cantidad de abonos orgánicos y minerales necesarios se obtendría como la diferencia entre las necesidades en nitrógeno, fósforo y potasio de la rotación y las cantidades aportadas con las enmiendas orgánicas. Pero, además de aportar las unidades fertilizantes requeridas por la rotación de cultivos se debe procurar en lo posible que la disponibilidad, principalmente, de nitrógeno asimilable por los cultivos de la rotación sea la adecuada. De ahí que normalmente se aporten las enmiendas orgánicas en el primer cultivo o cabeza de la rotación, que suele ser el de mayores exigencias nutritivas y tolerantes a las materias orgánicas frescas, incluyendo a continuación los cultivos con menores exigencias nutritivas o incluso leguminosas (como abono verde o cultivos para cosechar) con la finalidad de enriquecer el suelo con el nitrógeno fijado por las bacterias *Rhizobium*.

FERTILIZACIÓN dossier

Los abonos orgánicos (gallinaza, sangre desecada, harinas de pescado, harinas cárnicas, tortas de oleaginosas, guano, etc.), dado su alto contenido en nitrógeno y alta velocidad de liberación, pueden ser interesantes para cubrir el déficit en elementos nutritivos de las enmiendas orgánicas en períodos críticos de altas exigencias nutritivas.

En los casos en que sea necesaria la aportación de fertilizantes minerales de fósforo, potasio, magnesio, etc., se seleccionarán los más adecuados, particularmente en cuanto a solubilidad, contenido en iones potencialmente tóxicos como cloruros, etc.

Época de aplicación de los productos fertilizantes

A tenor de que la mayor parte de los productos utilizados para la fertilización en agricultura ecológica liberan los nutrientes de forma lenta, es conveniente realizar las aplicaciones de estos fertilizantes con antelación suficiente para que por medio de la acción microbiana se liberen los nutrientes, particularmente el nitrógeno, a un ritmo adecuado para atender satisfactoriamente las exigencias de los cultivos.

Coste de los fertilizantes

Dada la gran diferencia de costes de las unidades fertilizantes según los distintos productos (particularmente los abonos orgánicos), es conveniente evaluar el coste unitario de las unidades fertilizantes con la finalidad de reducir en lo posible el gasto importante de la fertilización, en cultivo ecológico.

Evaluación de los resultados del programa de fertilización ecológica

La fertilización de los cultivos es una técnica agrícola altamente compleja, en la que influyen muchos factores y sus interacciones, existiendo muchas incertidumbres a la hora de adoptar un programa de fertilización. Y en la fertilización ecológica aumenta aún más el grado de complejidad, debido a que la nutrición de los cultivos depende en gran medida de la actividad de los microorganismos para liberar los nutrientes de forma progresiva, y esta actividad microbiana del suelo está condicionada por muchos factores, entre los que destacan las condiciones de temperatura y humedad del suelo. De ahí que la respuesta de los cultivos a los fertilizantes ecológicos tenga más incertidumbres que la fertilización con abonos convencionales.

En cualquier caso, la respuesta de los cultivos agrícolas en general, y los hortalizas en particular, puede y debe ser evaluada por el propio agricultor utilizando criterios y herramientas a su alcance. Esta evaluación agronómica de la fertilización ecológica puede hacerse mediante: los resultados de producción (rendimiento y calidad), la observación visual del cultivo a lo largo del ciclo, la observación del suelo (estructura, porosidad, facilidad de drenaje, costras en la superficie o capas compactas en profundidad, actividad biológica, etc.), análisis del suelo (humus y nutrientes asimilables, principalmente nitrato, fósforo y potasio), análisis de la planta (en hortalizas son menos útiles que en especies leñosas como cítricos, frutales, viña, olivo, etc.), así como balances de nutrientes (entradas-salidas de nitrógeno, fósforo, potasio, etc.). El uso de estos medios puede contribuir a corregir posibles defectos de la fertilización aplicada y sus correcciones pueden resultar útiles en el cultivo presente y en los cultivos siguientes.

Y además de los criterios indicados anteriormente, la realización de ensayos sencillos a nivel de microparcela con diferentes dosis o productos, utilizando siempre la parcela testigo, pueden ser muy útiles para alcanzar el objetivo de una fertilización ecológica óptima, que alcance el calificativo de sostenible o sustentable en base a los criterios tanto agronómicos como económicos y ambientales. ■

Bibliografía

Gómez, A. Pomares, F., Albiach, M. R., Canet, R., Baixauli, C. (2002). Efectos de la fertilización orgánica en cultivos hortícolas: Producción, balance de nutrientes y materia orgánica. V Congreso de la SEAE - I Congreso Iberoamericano de Agroecología. Actas del Congreso, pp. 443-451.

Labrador, J. (2004). Conocimientos, Técnicas y Productos para la Agricultura y la Ganadería Ecológica. SEAE.

Lampkin, N. (1998). Agricultura Ecológica. Mundi-Prensa (Ed. Española). Madrid.

Pomares, F. Gómez, A. Baixauli, C. Albiach, R. (2003). Producción y balances de materia orgánica y nutrientes en dos rotaciones de hortalizas sometidas a fertilización mineral, orgánica y organo-mineral. Primer Congreso Iberoamericano de Nutrición Vegetal. Agro Latino "Fertilización, Rentabilidad y Medio ambiente. Proceedings del Congreso, pp 134-137.

**FERTILIZANTES
Y PRODUCTOS
FITOSANITARIOS**

LUQSA
LERIDA UNION QUIMICA / SA

<http://www.luqsa.com>
info@luqsa.com

Afueras, s/n. 25173 SUDANELL (LLEIDA)
Tel. 973 25 82 56 - Fax 973 25 80 19