

La descarga de nitratos al medio se ha convertido en un problema medioambiental serio en cultivos intensivos.

Contaminación por nitratos en pimiento protegido

J. CÁNOVAS, E. MOLINA, J. NAVARRO

Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. La Alberca. Murcia

N. ALCARAZ, M.C. GÓMEZ, P. ANGOSTO

Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre Pacheco

F.E. VICENTE

Oficina Comarcal Agraria Cartagena-Mar Menor



Problema de los nitratos

La utilización de fertilizantes nitrogenados inorgánicos ha hecho posible triplicar los rendimientos agrícolas por hectárea, pero conlleva la aparición de problemas como consecuencia de su liberación al medio ambiente, como son la contaminación de las aguas y los suelos, su presencia en los alimentos que puede llegar

Las deficiencias de N observables en los órganos vegetativos de las plantas no abonadas no afectaron el volumen de producción.

a niveles tóxicos, gran consumo energético en su producción, etc.

El consumo de fertilizantes nitrogenados inorgánicos es mayor en la agricultura intensiva mediterránea, agricultura que para ser competitiva necesita alcanzar grandes producciones y de calidad, con unos reducidos costes. Aún muchos agricultores creen que a mayores dosis de fertilizan-

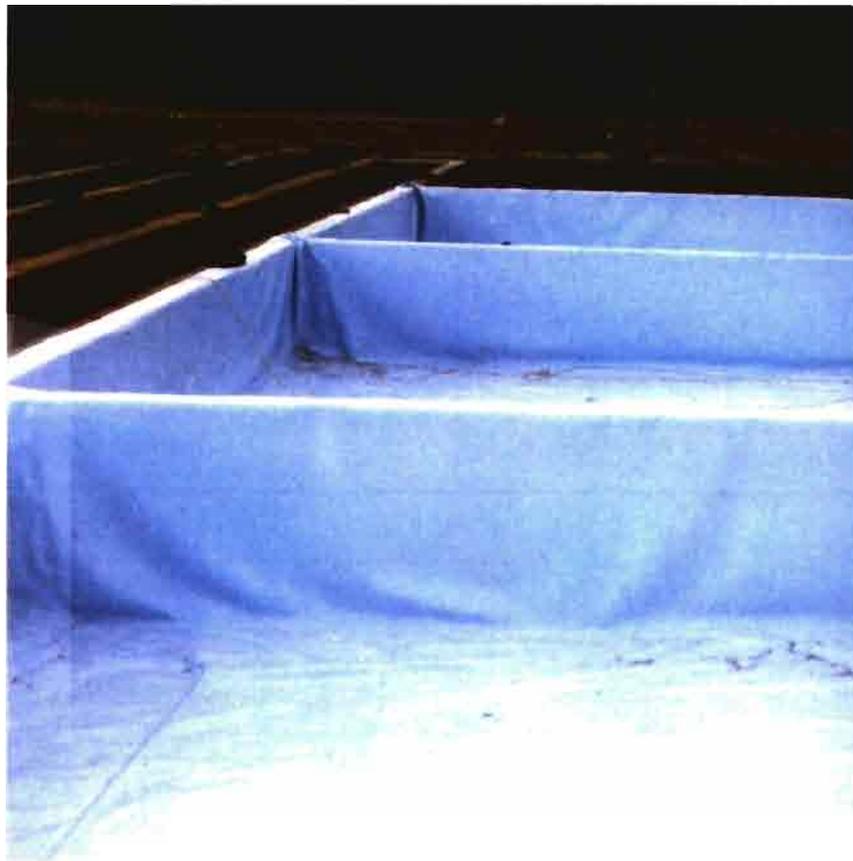
tes conseguirán mejores cosechas, lo que les ha llevado por costumbre a una sobredosificación de los mismos, práctica que además de suponerles un gasto innecesario contamina el medio ambiente, especialmente los abonos nitrogenados. Esta práctica se ha visto favorecida por el bajo costo de los fertilizantes, que en invernaderos de Almería no llegan al 10 % de

los gastos totales del cultivo (López-Gálvez et al., 1994).

Consecuencia del exceso de consumo, Skinner (1987) indica que con las tasas de fertilización nitrogenada normalmente aplicadas en el Reino Unido se producen pérdidas por lixiviación de 50-60 Kg N/ha/año y Miller (1985) midió cómo un 58 % de las entradas totales de nitratos al acuífero procedían de actividades agrícolas y que la tercera parte del nitrógeno aplicado es lixiviado por debajo de la zona radicular. Bouwer (1987) afirma que del nitrógeno que tradicionalmente se ha venido aplicando en la agricultura de Europa Occidental, se acepta normalmente que sólo el 50 % sea aprovechado por las plantas, y que el 25 % se volatiliza y el otro 25 % se percola. Smith et al. (1975) demuestran por medio del 15N que más del 50 % de los nitratos del agua subterránea en las zonas cultivables son de origen inorgánico y Hill (1982) demuestra la existencia de una correlación positiva y altamente significativa entre fertilizantes aplicados y contenido de nitratos del acuífero.

Estas pérdidas favorecen la presencia de nitratos en los ecosistemas naturales y pueden suponer graves daños ecológicos como la acidificación y eutrofización de suelos y aguas (Emmett et al., 1993). Ya en 1976 Devitt et al. apuntaban cómo la pérdida de nitratos en el agua de

Detalle de la impermeabilización de los lixímetros. En el fondo se coloca una tubería perforada de recogida de drenajes.



drenaje provocaba graves daños medioambientales y derroche energético. Keeney (1982) comprueba que el exceso de ión nitrato tiene un efecto negativo sobre las aguas superficiales, ya que favorece la eutrofización, estando también ampliamente estudiado que el exceso de fertilización química es la causa que más afecta a la contaminación por nitratos de

■ **Muchos agricultores creen que a mayores dosis de fertilizante obtendrán mejores cosechas, lo que lleva a una sobredosificación de nutrientes**

Manómetro diferencial de presión: para el control de la presión diferencial entre dos puntos, como por ejemplo, en la automatización del contralavado de filtros de arena.

Manómetro presostato: para el control de la presión máxima y mínima en un punto, como por ejemplo, para el arranque de una bomba.

Controle sus instalaciones de forma económica y fiable con toda la gama de manómetros y controladores Murphy.

Pida el catálogo general.

Con la garantía y seriedad de:



Apartado de Correos, 140. 08340 - Vilassar de Mar (Barcelona). • Tel: 902 103 355 • Fax: 937 59 50 08 • E-mail: riegos@copersa.com • Web: www.copersa.com

Pídalos por su nombre a su proveedor habitual.





las aguas subterráneas (Rechigl, 1995). Hay en este sentido numerosos estudios que ponen de manifiesto la mayor concentración de nitratos en las áreas cultivadas y fertilizadas frente a las no fertilizadas, pudiendo afirmarse que la agricultura participa en forma significativa en la contaminación nitrática (Adiscott, 1995).

La preocupación por el me-

dio ambiente aparece en la Unión Europea como uno de los principios fundamentales de la gestión de sustancias químicas y es particularmente intensa en el caso de los nitratos, lo que ha justificado el desarrollo de directivas específicas. Así, la Directiva 91/676/CEE, incorporada al ordenamiento español por el R.D. 261/1996 de 16 de Febrero sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, pretende establecer las medidas necesarias para prevenirla y corregirla. Estos programas se basan en el criterio de "no efecto", que supone que cualquier actividad pueda conllevar la emisión de determinadas sustancias tóxicas en el medio ambiente (contaminación), siempre que esta emisión no tenga consecuencias adversas (polución). Los llamados Protocolos de Evaluación de Riesgos Ambientales (ERA) precisamente tratan de determinar el límite entre la contaminación y la polución, mediante procedimientos científicos basados en la información disponible, cuyo perfeccionamiento es la mejor herramienta para garantizar una utilización adecuada. En este sentido todas las Comunidades Autónomas han elaborado el Código de Buenas Prácticas Agrarias, en el que la contaminación por nitratos es un tema prioritario.

Además de la contaminación, en los nitratos hay que tener

en cuenta el aspecto sanitario. Referido a esto, la toxicidad de los nitratos en el hombre fue establecida por Comly en 1945, descubriendo la relación de la metahemoglobinemia con las elevadas concentraciones de nitratos en el agua potable, llegándose a llamar la "enfermedad del agua de pozo" y posteriormente la "enfermedad de los niños azules", al comprobar que aparecía principalmente en lactantes. Con el tiempo la cianosis es una enfermedad prácticamente erradicada en Europa, habiéndose comprobado que hay otros factores que actúan en la formación de la metahemoglobina y que los nitratos "per se" no son tóxicos a dosis por debajo de 100 mg/l, ya que son eliminados por el riñón. De todas formas tanto las aguas como los tejidos vegetales con elevada presencia de nitratos no son recomendables en la dieta humana, no debiendo destinarse a niños de corta edad (Arce et al., 1993).

Desde hace tiempo hay establecidos límites legales en algunos países para el contenido de nitratos en alimentos infantiles de origen vegetal (European Community. Written Question nº 337/83, 1984), ya que los lactantes son los más sensibles a los nitratos porque la acidez del estómago es menor y permite el desarrollo de organismos reductores que facilitan la conversión del nitrato a nitrito y éste altera la hemoglobina (Ramos, 1993). Se ha sugerido



COMPAÑÍA IBÉRICA DE PANELES SINTÉTICOS S.A.

Ctra. de Náquera 100
46130 MASAMAGRELL (Valencia)
Tel.: 96 144 03 11 - Fax: 96 144 14 33
e-mail: cipasi@cipasi.es - <http://www.cipasi.es>



PLACA CELULAR DE POLICARBONATO



- AHORRO DE ENERGÍA
- REDUCE PÉRDIDAS DE CALOR
- ELEVADA RESISTENCIA MECÁNICA
- ALTA DURACIÓN
- FÁCIL MANIPULO Y MONTAJE
- ESPESORES DE 4, 6, 8, 10 Y 16 MM



CANALES PARA CULTIVO HIDROPÓNICO Fabricadas con Cipaflexi-placa celular de Polipropileno



- VERSATILIDAD: Permite la utilización de cualquier sustrato
- DURACIÓN
- LIGEREZA: Gracias a su estructura Celular
- AISLAMIENTO TÉRMICO
- IMPERMEABILIDAD: Evita pérdidas de agua
- ADAPTABILIDAD: Se puede fabricar a medida de las necesidades
- Se sirve en Bobinas

también que el nitrato favorece el riesgo de formación de nitrosaminas, sustancias con poder cancerígeno comprobado (Hernando, 1989).

Por otro lado, las aguas subterráneas constituyen el 96 % de las fuentes de agua para consumo en el mundo. En España, el volumen de agua subterránea suministrado para uso urbano se cifra en unos 1.000 hm³ por año, que abastecen a doce millones de habitantes, lo que supone más del 30 % de la población nacional, y que sumados a la empleada para riego y usos industriales supone entre 5.000 y 6.000 hm³ (I.T.G.E., 1998). Estas cifras reflejan la importancia cuantitativa y estratégica de las aguas subterráneas, por lo que es de interés prioritario proteger su calidad de procesos contaminantes, siendo en España desde 1985 un bien de dominio público, ordenado y regulado des-

■ Algunos estudios señalan que de las cantidades de nitrógeno que se aplican tradicionalmente en Europa occidental, el 50% percola hasta los acuíferos y el 25% se volatiliza

de la Administración. En el ámbito nacional la situación para el conjunto de las cuencas refleja un 62 % con contenido en nitratos menor de 25 mg/l, un 16 % entre 25 y 50, un 13 % entre 50 y 100 y un 9 % con NO₃- >100 mg/l, siendo las cuencas del Guadiana y Baleares las más afectadas (I.T.G.E., 1998). Hay que tener en cuenta que 100 mg/l de nitratos es

el índice que la Organización Mundial de la Salud considera sanitariamente permisible para las aguas potables.

Por la importancia de todas estas inquietudes en el contexto de una agricultura intensiva mediterránea, se planteó el presente proyecto de investigación, cuya principal finalidad es la de obtener datos reales sobre las pérdidas por lixiviación de nitratos en un cultivo de pimiento grueso bajo invernadero en el Campo de Cartagena, a fin de prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Los resultados obtenidos constituirán una información básica para estudiar el comportamiento de los nitratos en estas condiciones de cultivo, en el suelo y el agua de drenaje, en función de las dosis aplicadas, y establecer recomendaciones de uso en el ámbito de una agricultura respetuosa con el medio ambiente.

BAEZA, S.A.

www.baeza-sa.com

Distribuidor
T-Tape®



MODELO 300
La cinta de riego para invernaderos

El modelo T-Tape 306/310 con goteros de 1 l/h cada 15 cm, proporciona mejor distribución de agua y fertilizante a lo largo de la línea de cultivo, en comparación con los sistemas de riego por goteo tradicionalmente utilizados en invernaderos.

El Departamento Técnico de SAT Hortofrutícola MABE, en El Ejido (Almería) con la colaboración de BAEZA, S.A. ha instalado T-Tape 310-15-680 en unos invernaderos con nueva plantación de pimiento. Al compararlo con los sistemas que tenían instalados, tubería de 12 mm con goteros de 3 l/h cada 50 cm, han observado las siguientes ventajas:

- Mayor precocidad en el desarrollo de las plantas.
- Mayor uniformidad en el cultivo, observándose un 20% más de vegetación.
- En tiempo seco, las plantas sufren menos "stress", manteniendo la humedad.
- Mayor y mejor cuajado de los frutos, con más uniformidad.
- Ahorro de agua y fertilizante, acortándose los tiempos de riego en un 25%.
- Menor coste de T-Tape 310, amortizándose su inversión prácticamente al año.



51001 Ceuta
Edificio BAEZA
C/ Real, 70
Tel: 956 311 408
Fax: 956 314 782
ceuta@baeza-sa.com

29004 Málaga
Avda. de Velázquez
Cruce Aeropuerto
Tel: 952 236 966
Fax: 952 231 139
malaga@baeza-sa.com

41006 Sevilla
Polig. de Su Eminencia, B1
Tel: 954 646 963
Fax: 954 657 435
sevilla@baeza-sa.com

Alcalá de Guadaíra
11500 Sevilla
Polig. Hda. Dolores, 22
Tel: 955 634 490
Fax: 955 631 642
sevilla@baeza-sa.com

18110 Granada
Polígono de Asegra, 39
Tel: 958 400 706
Fax: 958 400 731
granada@baeza-sa.com

14014 Córdoba
Polígono Las Quemadas
C/ Fausto García Tena, 45-B
Tel: 957 322 057
Fax: 957 326 381
cordoba@baeza-sa.com

04738 Almería
La Gangosa, Puebla de Vícar
Avda. Valencia, 80
Tel: 950 340 046
Fax: 950 349 216
malaga@baeza-sa.com

Este proyecto de investigación, financiado por el INIA, comenzó a desarrollarse en el último trimestre del año 1998, contándose con las infraestructuras necesarias para contener las variantes objeto de ensayo, y que consisten en un invernadero tipo multicapilla con ocho lisímetros de drenaje en su interior, situados en la finca del Centro de Capacitación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco (Murcia).

Infraestructuras y técnicas de cultivo

El conjunto de ocho lisímetros, bajo invernadero, es la estructura fundamental del proyecto. Se distribuyen en dos series de cuatro unidades, cada una de ellas ocupa la mitad del invernadero; en el centro, a todo lo largo, se han construido dos zanjas de un metro de anchura y un metro de profundidad, a las que vierten las

aguas de la serie adyacente de lisímetros, vertido que tiene lugar a través de válvulas seguidas de contadores de molinillo. Los lisímetros tienen forma prismática, de sección cuadrangular cuya base superior, horizontal, mide 7,80 metros de largo por 6,65 metros de ancho. Su profundidad varía entre 0,7 m. en la parte del lateral del invernadero y 0,8 m. junto a la zanja central, lo que asegura inclinación suficiente para que puedan verter los flujos lixiviados. Están completamente impermeabilizados mediante un film plástico de espesor 1,1 mm., colocado en todo su perímetro interno, que los aísla completamente salvo en el punto de vertido donde va instalada la válvula. En el fondo de cada uno de estos recipientes se colocó tubería corrugada y perforada de material plástico, de 0,1 m de diámetro, cubierta de grava, para posibilitar el drenaje.

Los lisímetros se llenaron de tierra de cultivo procurando ordenar los horizontes conforme a la distribución existente al momento de la excavación, operación esta que se realizó en los últimos meses de 1997, tras lo cual se han llevado a cabo tres cultivos de pimiento grueso desde ese año. Tras estercolar, desinfectar y dar labores de rotovator se instaló la red de riego por goteo. Cada uno de los lisímetros está servido por un pequeño cabezal provisto de válvula volumétrica, ARAD de 1", y tanque de abonado; el agua se distribuye mediante una tubería secundaria que sirve a siete líneas portagoteros con 19 emisores interlíneas de 4 litros por hora, separados 0,4 metros entre sí. Por tanto, en cada lisímetro se riegan 133 goteros.

Sobre toda la infraestructura descrita se construyó un invernadero multitúnel tipo IMACSA,



un extraordinario terreno de cultivo ?

formado por dos módulos de 34 metros de largo por 10 metros de ancho cada uno, en total 680 m² de superficie cubierta. Está provisto de ventilación cenital automatizada por medio de sensores que aportan datos sobre temperatura interna, humedad relativa interna, velocidad del viento, dirección de tiempo y lluvia. También cuenta con pantalla térmica aluminizada para evitar golpes de sol durante el día y pérdidas de temperatura por la noche.

Respecto al material vegetal empleado, cada año se ponían 133 plantas de pimiento por litémetro, provenientes de semillero, en cepellón con sustrato de turba y vermiculita, variedad "Lamuyo", cultivar 'Herminio', tipo B1 de la clasificación de Pochard (1966), pimiento largo de carne gruesa para su corte preferentemente en verde. Se plantaron en llano, a un marco de 1 x 0,40 m.,

lo que equivale a una densidad de 25.000 plantas/ha. Se trasplantaban hacia mediados de diciembre, siendo por lo tanto pimiento del ciclo primaveral, que es el más corriente en la zona.

Se diseñó un experimento con cuatro dosis de abonado nitrogenado, repetidas en dos bloques al azar, que se repitieron durante tres campañas: 1998-99,

1999-00 y 2000-01. En cada una de las parcelas elementales se midió la cantidad de nitratos lixiviados en el tiempo (volumen y concentración), para establecer la relación entre la dosis aplicada y lixiviada, se cuantificó la recolección para establecer las relaciones entre el nitrato aportado, nitrato lixiviado y la producción de pimientos y se realizaron también análisis de suelo periódicos para detectar la adsorción, fijación y evolución en el suelo de los nitratos. Con estos datos se pretende evaluar las pérdidas de nitratos hacia las aguas subterráneas y establecer unas dosis de abonado nitrogenado recomendables para una agricultura medioambientalmente respetuosa sin afectar a la producción y calidad de las cosechas. Respecto a las técnicas de cultivo, se han empleado las más comúnmente utilizadas en la comarca, desinfectan-

■ **Existe una mayor concentración de nitratos en las aguas de las regiones agrícolas fertilizadas; la agricultura participa significativamente en la contaminación nítrica**

... es fácil
... es natural

En cultivos sin suelo, los sistemas de cultivo GRODAN son la solución más segura, porque son los más rentables. Con GRODAN, el éxito de tu cosecha ... es fácil ... es natural.

grodan[®]
Growing by Nature

Tel. 950 48 57 58



Detalle de la recogida de drenajes. Se contabilizaron pérdidas por percolación en torno al 19% del agua aplicada en promedio de tres años.

do todos los años el terreno con bromuro de metilo.

Las características medias de los suelos empleados en el ensayo y las consideraciones tenidas en cuenta al realizar el abonado son las siguientes:

- Textura arcillosa (>30 % de arcilla), lo que implica alta capacidad de retención de agua y una elevada capacidad de intercambio catiónico.

- pH alcalino (>7,6), lo que indica una óptima disponibilidad de nutrientes como el N, K, S, Ca y Mg y menor disponibilidad de P, Fe, Mn, Zn, Bo y Cu.

- Respecto a la estructura, al ser un suelo alterado por su extracción para construir el lixímetro en 1997, se ha tratado de aumentar la estabilidad de los agregados añadiendo materia orgánica, evitando abonos con sodio que disperse los coloides, evitando laboreo con falta de tempero y

agrocomponentes
componentes del Invernadero

es posible.

VENTANAS MOTORREDUCTORES CREMALLERAS PANTALLAS TÉRMICAS MALLAS REFRIGERACIÓN CALEFACCIÓN SISTEMAS DE CONTROL



Greenhouses, components. Torre Pacheco, Murcia Spain Teléfono +34 968 58 57 76 Fax +34 968 58 57 70 www.agrocomponentes.es

tratando de no dar riegos abundantes.

- Para la media de las muestras de suelo, la relación Ca/Mg está entre 1,5 y 2 y la relación K/Mg alrededor de 0,2, lo que indica que no va a haber carencias de Mg por efecto antagonístico del Ca o K.

- En lo que se refiere a la cal, el contenido óptimo de caliza total en un suelo arcilloso está entre el 10 y 20 % y en los suelos del ensayo este ronda el 38 %. No obstante por su efecto favorable sobre la estructura del suelo y su alta demanda por el pimiento se va a abonar con nitrato cálcico.

- El contenido de materia orgánica medio está en torno al 2 % en los perfiles del lixímetro, lo que es algo bajo para tratarse de un suelo arcilloso. Da lugar a una relación C/N en torno a 9, que está por debajo de lo normal y puede suponer excesiva liberación de N. La materia orgánica aportada trata de compensar las pérdidas de humus destruido.

- En lo que se refiere a la conductividad eléctrica, ésta es algo mayor en los horizontes superficiales, dónde varía de 4,5 a 7,5 mmhos/cm, que en los horizontes profundos, dónde va de 2,5 a 5, lo que se debe a la mayor concentración de sales en superficie por los abonos y el agua de riego. Según esto se puede clasificar el suelo como ligeramente salino, pudiendo producirse para el cultivo una reducción del 25 % en los rendimientos en estas condiciones FAO, 1980). No obstante, como la CE del agua de riego es baja (1 mmho/cm) y se trata de riego localizado de alta frecuencia, no se cree que la salinidad del suelo afecte significativamente a la producción, ya que el pimiento está considerado sólo como moderadamente sensible (Maas y Hoffman, 1977).

- La cantidad de N en el suelo está en torno al 0,15 %, lo que se sitúa dentro de los intervalos normales para este tipo de suelos. Para un contenido de materia orgánica del 2 % y más del 20 % de caliza, se estima una

Tabla 1**Dosis recomendadas de nutrientes en pimiento de invernadero**

	G/m ²	Kg/Ha	UF/t	UF/t máx. en P.I.
N	40	400	4	5
P ₂ O ₅	6	60	0,6	2
K ₂ O	48	480	4,8	5,5
CaO	30	300	3	1,5
MgO	7	70	0,7	0,75

Tabla 2**Cantidades de abonos normales en el cultivo de pimiento en el Campo de Cartagena.**

	Kg/Ha	G/m ²	G/lixímetro
Acido fosfórico	111,1	11,1	555
Nitrato cálcico	1428,6	142,8	7140
Sulfato potásico	960,0	96,0	4800
Rombiquel Mg	1029,4	102,9	5145
Rombiquel Zn/Mn	200,0	20,0	1000

aportación de N por la materia orgánica del suelo de unos 25 kg/ha (2,5 g/m²), a los que habría que añadir el aportado por el estiércol del año.

- El nivel medio de P en el suelo presenta variabilidad en las distintas muestras, estando entre 60 y 150 ppm, lo que se puede considerar muy alto, por lo que no es conveniente aumentar las dosis de abonado. El nivel de K en el suelo es normal.

La distribución de los fertilizantes se realizó en función de la técnica de cultivo y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de suelos. En la actualidad, en casi la totalidad del cultivo de pimiento bajo invernadero se hace mediante fertirrigación, ya que es el método más eficaz de aplicación de fertilizantes (Cadaña, 1989), no empleándose abonado de fondo distinto del estercolado. La nutrición del pimiento en cultivo intensivo se basa en el conocimiento de las extracciones que la cosecha de pimientos realiza a lo largo de su ciclo, siendo diversos los factores que influyen en los ritmos de absorción de nutrientes por el cultivo: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego, técnicas

de cultivo, etc., por lo que un calendario de fertirrigación no es lo más indicado.

No obstante es la práctica más común en la zona, por lo que es la que se empleó en el ensayo.

Teniendo en cuenta las extracciones dadas por distintos autores para el pimiento tipo "Lamuyo F1" así como los análisis de suelo y aportaciones del estiércol y el agua, el abonado que se estima debería aplicarse para compensar las extracciones del pimiento sería el reflejado en la tabla nº 1, resultado de los datos medios de extracciones dadas por los autores consultados para estas variedades y en condiciones similares al ensayo, que se compara con el máximo recomendado por las Normas Técnicas de Producción Integrada en la región.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la riqueza en nutrientes, las cantidades totales de fertilizantes a aplicar para cubrir las necesidades estimadas del cultivo resultaron las que se reflejan en la tabla nº 2.

Con el objeto de no provocar carencias o efectos antagonísticos entre los distintos nutrientes por defecto de abonado, en general se han superado estas dosis en el ensayo para que no interfieran con el abonado nitrogenado. Así, a pesar de que los niveles de P son altos en el suelo, se aportó en cantidad suficiente porque al ser el suelo calizo podía dar lugar a retrogradación y en forma de ácido fosfórico por ser un abono acidificante que además desatranca los goteros y por necesitarlo las raíces disponible en los primeros estadios. De K también se aportaron cantidades superiores al que se estima como extracción, porque igualmente puede retrogradarse en suelo calizo. Al ser un suelo con pH óptimo para la extracción del Mg se redujo la aportación por lixímetro por debajo de las extracciones.

Se aplicó la técnica del riego localizado, por las múltiples ventajas que presenta y por el exhaustivo control del mismo que se requería en este ensayo, basándo-



Seminis



Andalucía Oriental: Tel: 950 346 286
 Andalucía Occidental y Extremadura: Tel: 650 468 177
 Murcia: Tel: 968 578 325 / 331
 Beniparrel: Tel: 961 200 734
 Valencia y Baleares: Tel: 650 468 173
 Cataluña: Tel: 650 468 154
 Canarias: Tel: 650 468 187
 Zona Centro y Galicia: Tel: 650 468 194
 Zona Norte y Navarra: Tel: 650 468 176
 Portugal: Tel: (00 351) 261 338 080
 Oficina Central Barcelona: Tel: 935 723 066

nos para el cálculo del riego en la teoría de Penman, que en 1948 definió el concepto de evapotranspiración potencial (Eto), siguiendo las directrices de la FAO (1977). Para el cálculo de la ETO se ha utilizado el método del tanque evaporimétrico cubeta clase A, de acero inoxidable y medidas estándar de 1206,5 mm. de Φ y 254 mm. de altura, que se colocó en el interior del invernadero y se tomaron lecturas diarias de nivel mediante varilla graduada y con 0,5 mm. de apreciación. Hubo que calcular la eficiencia de aplicación, que como se sabe depende de tres factores, que en el caso del ensayo han resultado:

$$Efa = Efp \times Efu \times Efs = 1 \times 0,9 \times 0,936 = 0,843.$$

Las aplicaciones de agua se realizaron con alta frecuencia (bajo tiempo de intervalo entre riegos), teniendo en cuenta que se recomienda para suelos franco-arcillosos un riego al día. La dosis neta de riego (volumen de agua a aportar en cada riego para restituir al suelo las necesidades netas de agua por el cultivo en el intervalo entre riegos) viene dada por la fórmula: $Dn = Nn \times i$ (mm/día), siendo la dosis práctica de riego, la que restituye las necesidades totales de agua en el intervalo entre riegos $Dp = Nt \times i = Nn / Efa \times i$.

Las dosis de riego se determinaron por el método de la FAO, tomando lecturas diarias de la evaporación de cubeta y haciendo una programación semanal del riego calculando las necesidades totales como $Nt \times 7$ días = l/semana, en base a las lecturas de evaporación de la semana anterior. Estos datos se contrastaron con los ofrecidos por el Servicio de Información Agraria Murciano (SIAM), que ofrece informes de la ETo semanal (mm) de la Estación de Torreblanca (Torre-Pacheco), tomando la media de las obtenidas por los métodos de la cubeta clase A, Blaney-Criddle, Penman-Monteith y el método de la radiación.



Los lixímetros antes de la construcción del invernadero. Se trató de conservar los horizontes del suelo como se encontraban en su estado original.

En lo que se refiere a la producción, se aplicaron las siguientes cantidades de nitrógeno en tres tratamientos:

**T-1 (control) = 0,
T-2 = 1,5 kg N/t,
T-3 = 3,0 kg N/t y
T-4 = 4,5 kg N/t.**

El estudio de la significación entre medias pone de manifiesto que no hay diferencias significativas, es decir, que las diferentes dosis de abonado nitrogenado no influyeron en la producción.

Estudio de los consumos de agua

Durante el ensayo se han aplicado a lo largo de todo el cultivo, desde la plantación a la recolección (siete meses), una media de 56,14 m³ de agua por m² (5614 m³/ha), con pequeñas variaciones entre unidades experimentales menores al 5 %.

Se define el consumo de agua como la diferencia entre el volumen de agua aportado en el riego y el volumen de agua lixiviado. No se ha considerado la variación de humedad en el suelo entre los momentos inicial y final, asumiendo que durante el ensayo tuvo un valor casi constante. Teniendo en cuenta esto se ha elabo-

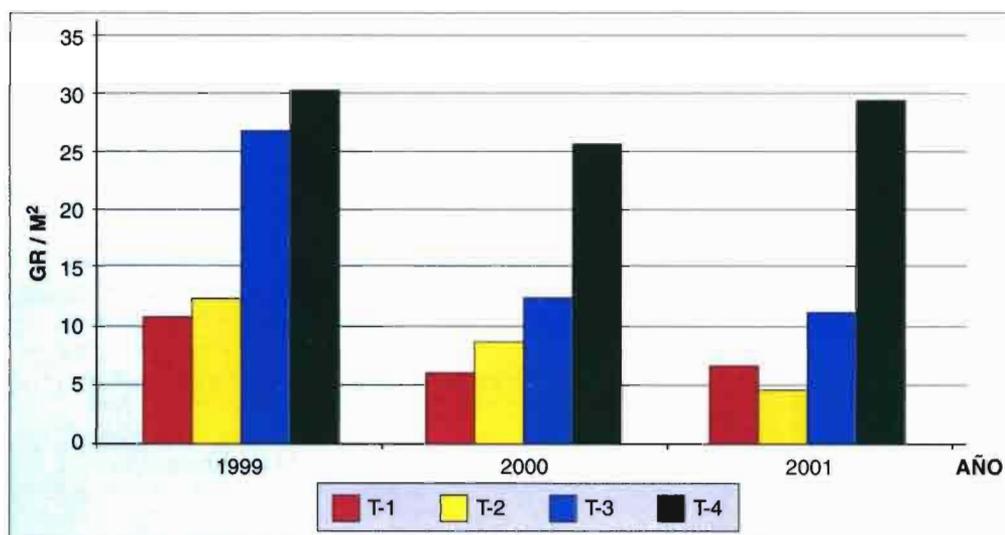
rado la tabla nº 3, en la que se refleja la aplicación de agua media por tratamiento, el volumen lixiviado, el consumo de agua y el consumo unitario de agua (expresada en l. de agua consumida por cada kilogramo de pimientos en producción comercial).

El análisis estadístico de estos datos deja sin prueba suficiente la hipótesis de relación entre la producción comercial de pimientos y el agua consumida en las condiciones del ensayo. Esta afirmación se halla dentro de la lógica de los hechos analizados, puesto que, al fin y al cabo, el agua drenada en los lixímetros es el agua gravitacional o no útil. Por tanto, cabe mantener que las unidades experimentales recibieron

■ Tanto las aguas como los tejidos vegetales con alta concentración de nitratos no son recomendables en la dieta humana, no debiendo destinarse a niños de corta edad

Tabla 3**Consumos de agua y volumen lixiviado.
Media de tres años.**

Tratamiento	Agua aplicada (l/kg)	Volumen lixiviado (l/kg)	Consumo de agua (l/kg)	Consumo unitario (l/kg)
T-1	576,9	132,8	444,1	59,53
T-2	548,0	77,7	470,3	62,46
T-3	557,3	105,1	452,2	65,06
T-4	563,6	125,3	438,3	62,88
MEDIA (m ³ /Ha)	5614	1102	4512	62,41

Gráfica 1**Nitrato lixiviado en los 4 tratamientos del ensayo, para los tres años de estudio**

el agua suficiente para mantener el cultivo y que fue sensiblemente igual en los distintos tratamientos (lo cual era el objetivo del riego, que se pretende no actúe como variable diferencial del ensayo). La diferencia entre el volumen de agua aplicado y el lixiviado, que ha supuesto como término medio un 19,6 % del agua aplicada. Este porcentaje de agua drenada puede considerarse normal para este tipo de suelos y cultivo e indica que el riego se ha realizado adecuadamente y el efecto de la lixiviación de nitratos del ensayo no se puede atribuir a un exceso de riego y sí a un exceso de abonado.

Información analítica de los lixiviados

La concentración de nitrato en los lixiviados se determinó

midiendo la absorbancia de la solución, diluida 20 veces, a 220 y 275 nanómetros, con un espectrómetro Unicam Helios modelo g. La absorbancia a 220 nanómetros disminuida en el doble de la obtenida a 275 nanómetros (para corregir la presencia de materia orgánica) determina el valor de la absorbancia debida al nitrato en solución. La recta de calibrado determinada para: 10 ppm., 15 ppm., 20 ppm., 25 ppm., 30 ppm., 35 ppm. y 40 ppm. de nitrato, fue $CNO_3^- = 151,46 \cdot Abs$, en esta expresión, CNO_3^- es la concentración de nitrato en solución y Abs es la absorbancia determinada según se dice mas arriba. Estos dos variables estadísticas tienen un coeficiente de correlación $r = 0,998$, altamente significativo.

Para obtener una expresión

cuantitativa del nitrato lixiviado durante todo el experimento se multiplicó la concentración de nitrato, medida en cada uno de los muestreos por el volumen de lixiviado, expresado todo ello en gramos de esa sustancia. De esta forma se puede expresar numéricamente el efecto de cada uno de los tratamientos sobre la lixiviación de nitrato y se evita trabajar con valores medios que habitualmente perturban el análisis estadístico.

Las cantidades de nitrógeno lixiviadas variaron entre el 11,22 y el 13,21 % del nitrógeno aportado, yendo desde los 7,66 g/m² de pérdidas para el T-1 a los 28,48 g/m² de media del T-4. Se pone así de manifiesto que los sistemas estudiados vierten al exterior cantidades considerables de este elemento lo que permite considerar al suelo cultivado como un suministrador de nitrato hacia el exterior, cuyo suministro depende de la aportación del nutriente y del volumen de agua lixiviado, que en este caso ha sido estadísticamente igual para los cuatro tratamientos.

El gráfico nº 1 resume los datos de lixiviación de nitrato para cada repetición y tratamiento. Al nivel de 95 % hay un efecto significativo de los tratamientos con nitrógeno sobre la cantidad de nitrato lixiviado durante el ensayo. Igual se puede decir de las repeticiones. Por lo tanto, la lixiviación total de nitrato está en relación directa con la cantidad de nitrógeno con que se ha abonado cada lisímetro. Este hecho, totalmente lógico, deberá ser interpretado sobre la base de los datos de este estudio que informan sobre la distribución de valores acumulados de nitrógeno aportado y nitrógeno lixiviado en distintos momentos del ciclo de cultivo, datos que ponen de manifiesto la capacidad que tuvo el suelo para suministrar el nutriente en cantidades superiores a las que recibió durante períodos significativos del ciclo de cultivo.

El suelo donde se ha desarrollado el ensayo que describi-

mos, por su configuración físico-química y su largo historial de cultivo, suelen tener un alto potencial de fijación y transformación de nitrógeno por lo que el abonado con este elemento debe programarse de manera que la emisión al medio ambiente sea lo más pequeña posible.

Conclusiones

En este proyecto se planteaba el objetivo de obtener datos reales sobre las pérdidas de nitratos en un cultivo de pimientos bajo invernadero, para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas. Se trataba de establecer la relación entre el nitrato aportado y la producción de pimiento y entre el nitrato lixiviado y el aportado, para con estos datos establecer las dosis de abonado nitrogenado recomendables para una agricultura medioambientalmente respetuosa.

Tabla 4

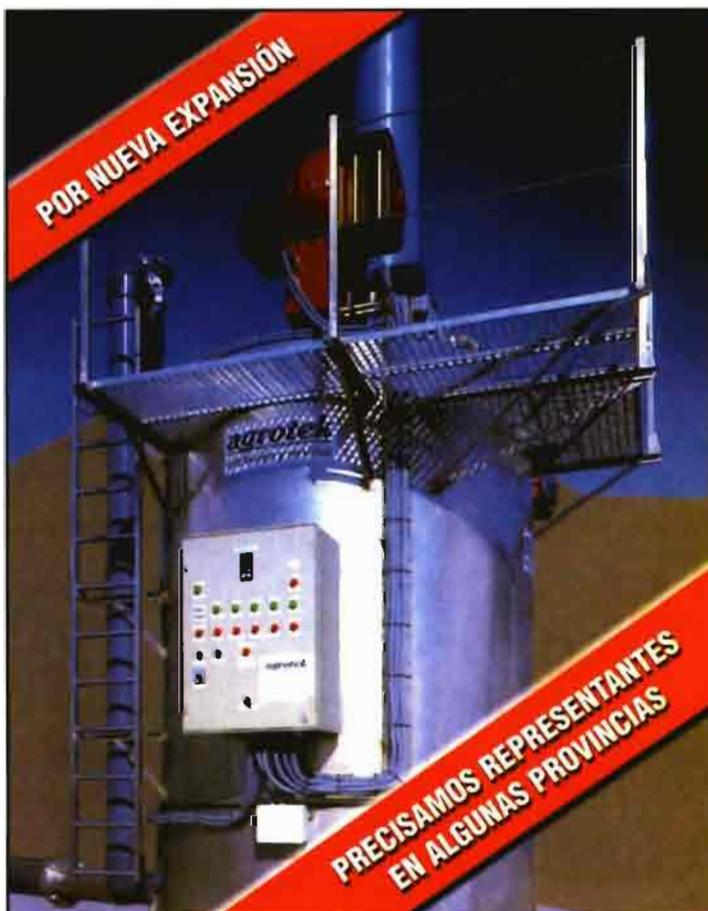
Gramos totales de nitrato cálcico aportado por m² y su equivalente en g N/m².

Tratamientos	G/m ² Nitrato Cálcico	G/m ² N
T-1	0	0
T-2	95	15
T-3	185	30
T-4	280	45

Se aplicaron cuatro tratamientos correspondientes a cuatro dosis de abonado nitrogenado, que se reflejan en la tabla nº 4.

Se observó como la producción total de pimientos era similar para los cuatro tratamientos, así como la producción comercial, no apreciándose diferencias significativas, ya que las variaciones en la cosecha entre los tratamientos extremos son inferiores al 5 %. Estos resultados en cuanto a la cosecha en función del tratamiento nitrogenado sugieren que el

suelo tiene una capacidad de suministro elevada y que se restituye suficientemente con el N aportado por el agua de riego y el estercolado de fondo, lo que permite que el T-1 (en el que no se aporta N este año) tenga una producción comercial similar a la del resto de los tratamientos. Por otro lado las dosis de N empleadas en el tratamiento con más abonado nitrogenado (T-4) dan también una cosecha significativamente parecida al resto de los tratamientos, lo que permite inferir que no



CALEFACCIÓN DE INVERNADEROS

CALDERAS AGRÍCOLAS AGROTEK

CON 5 AÑOS DE GARANTÍA

AGRICULTOR:
AHORRA EL 40%
EN TU FACTURA
DE COMBUSTIBLE

SISTEMA DE CONDENSACIÓN HÚMEDA.

RENDIMIENTO DE 107% SOBRE P.C.I.

CONSTRUCCIÓN EN ACERO INOXIDABLE 316L.

CHIMENEA DE PVC CON SALIDA DE HUMOS A 35°C.

AHORROS ENERGÉTICOS DEL 20% GARANTIZADOS EN SUS INSTALACIONES AGRÍCOLAS

Y DEL 40% EN COMPARACIÓN A GENERADORES DE AIRE CALIENTE.

AMPLIA GAMA DE POTENCIAS: DE 300 A 2.500 Th.



Plàstics Tècnics i Agrotecnologia, S.L.

Pol. Ind. Pla d'en Boet 08302 MATARÓ
Apartado de correos 120 08300 MATARÓ
Telf. 93.757.30.25 Fax 93.757.21.83 e-mail: plastics@arrakis.es

es necesario llegar a esas dosis de abonado para conseguir más y mejores cosechas.

La información precedente da pie a pensar que el establecimiento de dosis óptimas para el cultivo de pimiento y compatibles con el medio ambiente en cuanto a la lixiviación de nitratos, se puede realizar sin que ello implique necesariamente tener que sacrificar las producciones consideradas normales en la comarca,

■ **El objetivo del proyecto de investigación que se describe es obtener datos reales sobre las pérdidas de nitratos en un cultivo de pimientos bajo invernadero**

pues tanto las producciones obtenidas como el número de frutos en cada lixímetro tienen valores que no varían significativamente en relación con las dosis de nitrógeno aportado. La explicación de cómo puede la planta mantener la producción y calidad de pimientos sin fertilización nitrogenada mineral estaría en la elevada capacidad de suministro del suelo (restituída sobre todo por el aporte anual de materia orgánica del estercolado) y la capacidad de adaptación de la planta a condiciones adversas, trasladando la mayor parte del nitrógeno disponible a los frutos, en detrimento del resto de los órganos vegetativos.

La parcela en la que no se aportó nitrógeno mineral no sólo no disminuye significativamente su producción en este último año del ensayo, como se esperaba, sino que no aprecia diferencias con el resto de parcelas experi-

mentales. Esto demostraría que la mayoría de las aportaciones de nitrógeno son superiores a las necesidades reales del cultivo, aún teniendo en cuenta la mineralización y producción de este nutriente en el propio hábitat donde se desarrollan las raíces, siendo suficiente para restituir las extracciones del abonado orgánico y el N aportado por el agua.

Por lo tanto, los resultados obtenidos indican que las dosis de abonado mineral nitrogenado utilizadas en la comarca, en su mayoría, superan las cantidades de abono nitrogenado necesarias para obtener una cosecha normal, y que su incremento, además de elevar los costes de cultivo afecta a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Para saber más...

Ver bibliografía bajo
www.horticom.com?52083



BULBOS ESPAÑA

MARIANO PIÑERO E HIJOS, S.L.

*20 años
suministrando calidad*

Bulbos de máxima calidad tratados y seleccionados
Gladiolos, Tulipanes, Iris, Liatris Freesias,... - LASTO - F.STOOP.
Lilium asiáticos, orientales, longiflorum e híbridos Va. - MONDIAL LELIES.
Nardos y Callas nacionales.

Esquejes y plantas

Crisantemos, Aster, Alstroemelia - FLOR ELITE, VALLEFLOR.
Clavel - TARONI PRESTIGE - *Rosales* - PLANTAS CONTINENTAL.
Gerbera - F. LLI GALLO - *Gysophila paniculata* VAN DEN BOS.
Limonium, Statice, Lisianthus, Alheli, Dragonaria,
Girasol, Minutisa, Campanula, Godetia,... - BALL HOLLAND y SEMIFLOR.

Verdes para corte

Aralias, Ruscus, Eucalipto, Esparraguera,... - TARONI PRESTIGE.

Bulbos en bolsas, cofres y Expositores con fotografía.

Correctores para suelos salinos y estimuladores de crecimiento.

c/. Carballino, 7 - Local D
28024 MADRID
Tels.: 91 711 01 00
91 711 69 50
Fax: 91 711 87 44

AGENTES

Galicia: Viveros La Gardenia / tel. 986 83 31 31
Cataluña: Suministros Agrícolas Riosan / tel. 93 750 15 15
Balears: Comercial Agroquímica Balear / tel. 971 54 02 77

e-mail: bulbosespana@telefonica.net
bulbosesp@eurociber.es