

## Balance de agua y nitrógeno en un cultivo de pimiento grueso en el Campo de Cartagena

J. Navarro<sup>(1)</sup>, F.M. del Amor<sup>(2)</sup>, J. Cánovas<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, Plaza Juan XXIII s/n, 30008. Murcia. España. joanquin.navarro@carm.es

<sup>(2)</sup> Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario, C/ Mayor, s/n, 30150. La Alberca (Murcia). España.

### RESUMEN

Se diseñó un experimento consistente en la construcción de 8 lisímetros de drenaje bajo invernadero en Torre-Pacheco. En los años 2003, 2004, 2005 y 2006 se ensayaron en dicho invernadero tres técnicas de cultivo diferentes (T-E:ecológico, T-I:integrado y T-C:convencional) en pimiento grueso, que han permitido, contando con la información obtenida durante cuatro años sobre abonado nitrogenado y riego, evaluar las pérdidas de nitratos en el agua de drenaje.

Los resultados permiten comprobar como es la relación entre el nitrógeno aportado y el lixiviado para los sistemas de cultivo estudiados, corroborando como una mayor cantidad de abonado se corresponde con una lixiviación de nitrógeno mayor, para las mismas dosis de riego; pero sin perder de vista que en las parcelas testigo, sin aportación de nitrógeno mineral, se han medido considerables lixivitaciones de nitratos, aunque menores que en las parcelas con abonado mineral.

Durante el desarrollo de esta investigación se ha comprobado, además, que una disminución de las dosis de nitrógeno respecto a las normalmente utilizadas en la zona de estudio produce cosechas similares. La dosis de 15 g N/m<sup>2</sup> de abono mineral (nitrato cálcico + nitrato potásico) combinada con el aporte de 4 kg/m<sup>2</sup> de estiércol fermentado se ha mostrado como la más eficaz en relación con la producción. Todo ello indica que el tratamiento T-E acompañado de aportes adicionales de nitrógeno mineral, inferiores a los realizados en los T-I y T-C, constituiría una fertilización óptima que aseguraría la producción y longevidad del cultivo de pimiento.

**Palabras clave:** lixiviación de nitratos, *Capsicum annuum L.*, fertirrigación, abonado nitrogenado, invernadero.

### 1. Introducción

El cultivo del pimiento bajo invernadero constituye un ejemplo típico de las nuevas orientaciones productivas de la agricultura comercial de la Región de Murcia, donde actualmente ocupa más de 1.200 ha de superficie y supone una producción anual en torno a las 110.000 t, (CREM, 2013), de la cual más del 50% se dedica a exportación. Es el cultivo que más superficie ocupa bajo invernadero en la Comarca del Campo de Cartagena, con más de 1.000 ha, siendo los Municipios más importantes Torre-Pacheco, San Javier y San Pedro del Pinatar, con 535, 357 y 105 ha respectivamente en 2013 (CREM, 2013).

El elevado rendimiento de este cultivo dentro de las orientaciones productivas presentes en la agricultura murciana está determinado por la incorporación masiva de tecnologías avanzadas: cultivo bajo invernadero, acolchado, riego localizado, climatización, etc., siendo por ello

uno de los paradigmas de la moderna agricultura tecnificada y artificial. Sin embargo, la tendencia actual plantea la sustitución de tecnologías químicas por técnicas físicas o biológicas menos agresivas para el medioambiente. Teniendo en cuenta que el uso de fertilizantes hoy por hoy es necesario en la agricultura intensiva y las exigencias de los mercados europeos en cuanto a los niveles de residuos y el empleo de buenas prácticas agrícolas, es evidente la repercusión económica y social que tiene el estudio que planteamos sobre este cultivo y su ámbito de producción.

La exigencia de altas producciones y de gran calidad hace necesario que la aportación del riego y de los fertilizantes se haga por el método de la fertirrigación localizada, cuya eficiencia respecto a los métodos convencionales está ampliamente demostrada (Breschini y Hartz, 2002). Un aporte óptimo de nitrógeno y de agua es esencial para el desarrollo de las plantas y

para la productividad y longevidad de los cultivos hortícolas (Aloni et al., 1991; Huett, 1996). No obstante, existe una tendencia desde siempre a la aplicación excesiva de fertilizantes y de riego, que en el caso de fertilizantes nitrogenados favorece el crecimiento vegetativo y viene acompañada de una menor producción, siendo considerada una sobre-fertilización (Weinbaum et al., 1992). El objetivo de este ensayo es establecer un balance del agua y del nitrógeno en el cultivo de pimiento de invernadero que permita conocer las pérdidas por lixiviación de estas sustancias y las dosis más adecuadas de aplicación.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Estructura experimental y tratamientos

Los ensayos se ubicaron en de un invernadero multicapilla sin calefacción de dimensiones 32 x 40 m<sup>2</sup>, orientación Noroeste-Sureste, con ventilación cenital, humidificación por nebulización y riego por goteo, situado en el Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco (Murcia). En el interior de dicho invernadero se construyeron 8 lisímetros de drenaje, que constituyen la estructura fundamental del proyecto. 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.

Se ensayaron los siguientes tratamientos:

T-E (tratamiento ecológico). La fertilización de dos parcelas se realizó antes de la plantación con la aplicación de estiércol bien fermentado, a razón 4 kg/m<sup>2</sup>. Esta aplicación de estiércol se realizó también en el tratamiento integrado y en el convencional.

T-I (tratamiento integrado). La fertilización de tres parcelas se realizó mediante la aplicación de abonos minerales empleando unas dosis inferiores a las máximas establecidas en las Normas Técnicas recomendadas en la Región de Murcia para la Producción Integrada.

T-C (tratamiento convencional). Para la fertilización de estas tres parcelas se aplicó el abonado mineral siguiendo las prácticas habituales de los agricultores de la zona. Los abonos empleados fueron los mismos que en el tratamiento integrado, pero las dosis aplicadas fueron el doble, superando ligeramente el límite

superior establecido en las Normas Técnicas para la Producción Integrada.

### 2.2 Fertilizantes aplicados y N disponible

Se ha abonado por fertirrigación, pues se considera el método más eficaz de aplicación de fertilizantes, basándonos en el conocimiento de las curvas de absorción mineral del cultivo, que reflejan la absorción de nutrientes en función del tiempo. Se han escogido los abonos más comúnmente usados en la zona, de entre los existentes en el mercado, siendo los abonos nitrogenados aplicados el (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Ca y el KNO<sub>3</sub>. En la tabla 1 se refleja el abonado mineral aplicado durante cada año y para cada tratamiento.

Respecto al nitrógeno disponible para el cultivo, con el agua de riego se aportaron como media 1,1 g/m<sup>2</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que equivalen a 0,25 g N/m<sup>2</sup>, lo que apenas supone entre el 2 y el 0,5 % del nitrógeno mineral aportado en la fertilización, por lo que puede considerarse despreciable. En cuanto al nitrógeno liberado por el estiércol aportado, se calcula tras realizar los análisis de suelo en una media de 9 g N/m<sup>2</sup>, y el de la materia orgánica del suelo de 2,5 g N/m<sup>2</sup>.

### 2.3 Necesidades hídricas y programación del riego

Para el cálculo del riego, que ha sido igual para los distintos tratamientos, nos hemos basado en el método de Penman (1948) y las directrices de la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977). Para la medida de la evapotranspiración de referencia se utilizó el método del tanque evaporimétrico cubeta clase A. El tanque se colocó en el interior del invernadero y se tomaron lecturas semanales.

La eficiencia de aplicación que se obtuvo en el ensayo fue:  $E_{fa} = E_{fp} \times E_{fu} \times E_{fs} = 1 \times 0,9 \times 0,936 = 0,843$ . La frecuencia de los riegos se controló mediante el uso de tensiómetros colocados en dos de las parcelas experimentales a 15, 30 y 60 cm. de profundidad. Otro control que se empleó para la irrigación se basó en la conductividad de los lixiviados en sondas, que debía estar entre 2,5 y 5 dS/m.

Durante los ensayos se aplicó a lo largo de todo el cultivo, desde la plantación a la recolección (7-8 meses), una media de 70,86 m<sup>3</sup> de agua por m<sup>2</sup> (7086 m<sup>3</sup>/ha), con pequeñas variaciones entre unidades experimentales menores al 5 %. Las variaciones entre años son debidas a la climatología, ya que se riega con la ET<sub>c</sub>. En el caso del año 2005 hubo un exceso de riego por

ser un año muy calido y más largo el ciclo del cultivo y en el caso del año 2004 lo contrario.

### 3. Resultados y Discusión

En la Figura 1 se observa la diferencia entre el volumen de agua aplicado y el lixiviado, que ha supuesto como término medio un 19% del agua aplicada para los cuatro años. Este porcentaje de agua drenada, que varía del 15,7% al 23,4%, 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.

En lo que respecta a la relación entre el nitrato mineral aportado y el lixiviado, en la Tabla 2 se observan los datos medios obtenidos en cuanto al volumen lixiviado, nitrato aportado y nitrato lixiviado, por tratamiento.

La expresión cuantitativa del nitrato lixiviado es el resultado de multiplicar la concentración de nitrato por el volumen de lixiviado día a día, expresado todo ello en g de esa sustancia. Si comparamos con la columna de nitrato aportado por tratamiento, expresada en g de nitrato, se pone de manifiesto que los sistemas estudiados vierten al exterior cantidades considerables de este elemento, que varían desde los 9,54 g/m<sup>2</sup> de pérdidas para el T-E a los 21,39 g/m<sup>2</sup> de media del T-C. Es reseñable ver cómo incluso el tratamiento sin abonado nitrogenado da un lixiviado considerable de nitratos en el drenaje.

### 4. Conclusiones

Durante los cuatro años en los que se realizó el ensayo, se han aplicado dosis de agua a lo largo de todo el ciclo que varían desde 8.244 m<sup>3</sup>/ha del año 2005 hasta 5.611 m<sup>3</sup>/ha del año 2004, habiendo variado el drenaje entre 15,7% en el año 2004 y 23,4% en el año 2003. De estos datos no se puede deducir que exista una correlación positiva entre el volumen de agua aplicada y la lixiviada, ya que regamos según la Eto (variaciones climáticas) y en teoría debe producirse el mismo drenaje todos los años.

Las variaciones en el riego de un año a otro no han tenido efecto en la cosecha, por lo que se puede afirmar que estando dentro de estos márgenes de riego (5.500-8.000 m<sup>3</sup>/ha) aplicamos el agua necesaria para que el buen desarrollo del cultivo no se vea afectado y se lixiviará tanto menos agua cuanto más nos

acerquemos a la dosis menor de riego y mejor se haya dosificado este.

En lo que se refiere al balance de nitrógeno, existe una correlación positiva entre el nitrato aportado y el lixiviado, así como con la concentración de nitratos en los lixiviados para los tres tratamientos ensayados. Es reseñable ver como el tratamiento en el que sólo se aplicó abonado orgánico (T-E) también origina lixiviación de nitratos, no obstante el peligro de contaminación es mucho mayor en los tratamientos con abonado mineral, llegando a dar el T-C niveles que pueden considerarse contaminantes.

Durante el desarrollo de esta investigación de fertilización en el cultivo del pimiento se ha conocido que dosis de nitrógeno inferiores a las que habitualmente se aplican en la zona dan lugar a una producción similar a la que es normal en ésta. La dosis de 15 g N/m<sup>2</sup> de abono mineral (nitrato cálcico + nitrato potásico) combinada con el aporte estimado de 10 g N/m<sup>2</sup> proveniente del estiércol y del agua de riego se ha mostrado como la más eficaz en relación con la producción. Todo ello indica que el tratamiento T-E acompañado de aportes adicionales de nitrógeno mineral, inferiores a los realizados en los T-I y T-C, constituiría una fertilización óptima que aseguraría la producción y longevidad del cultivo de pimiento.

Nuestros ensayos corroboran como la disminución del abonado nitrogenado de origen mineral en pimiento de invernadero es compatible con el mantenimiento de buenos niveles productivos, es más sostenible desde el punto de vista medioambiental y permite disminuir los costes de producción. Algunos autores lo explican como que una disminución del aporte de N favorece la translocación de asimilados hacia los órganos reproductivos, a expensas de un menor crecimiento vegetativo (Gao et al., 1996). Por el contrario, una excesiva fertilización con N, que favorece la asimilación del mismo, ha sido correlacionada con una reducción del número de frutos y de la producción (O'Sullivan, 1979; Aliyu, 2000).

### 5. Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el INIA durante los años 2004, 2005 y 2006 (Proyecto RTA-04-035, en colaboración con la Comunidad Autónoma) y el resto de los años con fondos propios del IMIDA. Se agradece su colaboración en la cesión de los terrenos al Centro Integrado

de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco (Murcia).

### 6. Referencias bibliográficas

- [1] Aloni, B., Pashkar, T., Karni, L. and Daie, J., 1991. Nitrogen supply influences carbohydrate partitioning of pepper seedlings and transplant development. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 995-999.
- [2] Aliyu, L., 2000. Effect of organic and mineral fertilizers on growth, yield and composition of pepper (*Capsicum annum* L.). *Biol. Agric. Hortic.* 18, 29-36.
- [3] Breschini, S.J., Hartz, T.K. 2002. Drip irrigation management affects celery yield and quality. *HortScience*, 37(6): 894-897.
- [4] CREM. 2013. Estadística Agraria regional. Centro Regional de Estadística de Murcia. Consejería de Economía y Hacienda.
- [5] Doorenbos, J., W.O. Pruitt. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. Riego y Drenaje, nº 24.
- [6] Gao, Z.F., Sagi, M. and Lips, H., 1996. Assimilate allocation priority as affected by nitrogen compounds in the xylem sap of tomato. *Plant Physiol. Bioch.* 34, 807-815.
- [7] Huett, D.O., 1996. Prospects for manipulating the vegetative reproductive balance in horticultural crops through nitrogen nutrition: A review. *Aust. J. Agr. Res.* 47, 47-66.
- [8] O'Sullivan, J., 1979. Response of pepper to irrigation and nitrogen. *Can. J. Plant Sci.* 59, 1085-1091.
- [9] Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water bare soils and grass. *Proceeding of the Royal Society of London. A*, 193:120-146
- [10] Weinbaum, S.A., Johnson, R.S. and Dejong, T.M., 1992. Causes and consequences of overfertilisation in orchards. *Hort. Technology.* 2, 112-120.

### Tablas y figuras

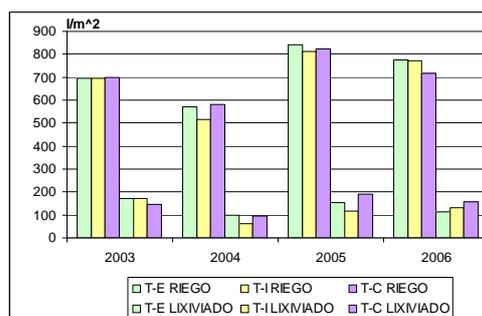
**Tabla 1.** - Abonado mineral aplicado durante cada año y para cada tratamiento.

| Años |     | N <sub>2</sub>   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO              | MgO              | S                |
|------|-----|------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|      |     | g/m <sup>2</sup> | g/m <sup>2</sup>              | g/m <sup>2</sup> | g/m <sup>2</sup> | g/m <sup>2</sup> | g/m <sup>2</sup> |
| 2003 | T-E | 0,0              | 0,0                           | 0,0              | 0,0              | 0,0              | 0,0              |
|      | T-I | 15,7             | 7,8                           | 28,3             | 13,4             | 5,0              | 4,0              |
|      | T-C | 31,4             | 15,6                          | 56,6             | 26,8             | 10,0             | 8,0              |
| 2004 | T-E | 0,0              | 0,0                           | 0,0              | 0,0              | 0,0              | 0,0              |
|      | T-I | 15,1             | 8,8                           | 27,0             | 13,0             | 5,0              | 4,0              |
|      | T-C | 30,2             | 17,6                          | 54,0             | 26,0             | 10,0             | 8,0              |
| 2005 | T-E | 0,0              | 0,0                           | 0,0              | 0,0              | 0,0              | 0,0              |
|      | T-I | 15,1             | 9,0                           | 27,0             | 12,6             | 5,2              | 10,1             |
|      | T-C | 30,3             | 18,0                          | 54,0             | 25,2             | 10,4             | 20,3             |
| 2006 | T-E | 0,0              | 0,0                           | 0,0              | 0,0              | 0,0              | 0,0              |
|      | T-I | 14,4             | 9,0                           | 27,0             | 11,3             | 5,2              | 10,1             |
|      | T-C | 28,7             | 18,0                          | 54,0             | 22,6             | 10,4             | 20,3             |

**Tabla 2.** Nitrato mineral aportado y lixiviado, media de los años 2003, 2004, 2005 y 2006.

| Tratam. | Vol. agua lixiviado (l/m <sup>2</sup> ) | Nitrato aportado (g/m <sup>2</sup> ) | Nitrato lixiviado (g/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| T-E     | 138,5 a                                 | 0,00 a                               | 9,54 a                                |
| T-I     | 112,9 a                                 | 33,07 b                              | 14,31 b                               |
| T-C     | 147,1 a                                 | 63,31 c                              | 21,39 c                               |

Valores medios con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí a p<0,05 ( test de Tukey).



**Figura 1.-** Volumen de agua aplicada y lixiviada años 2003, 2004, 2005 y 2006 (l/m<sup>2</sup>).