

## MEDIDAS EN CAMPO DEL BALANCE DE AGUA Y DE NITRÓGENO EN UN CULTIVO DE MELÓN CON FERTIRRIGACIÓN

M.T. Castellanos<sup>1</sup>, M.C. Cartagena<sup>2</sup>, F. Ribas<sup>1</sup>, M.J. Cabello<sup>1</sup>, A. Arce<sup>2</sup>, A.M. Tarquis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Mejora Agraria El Chaparrillo - Delegación Provincial de Agricultura, c. Alarcos 21, Ciudad Real, 13071.

<sup>2</sup> Dpto. Química y Análisis Agrícola - E.T.S.I.A.- Univ. Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria sn, Madrid 28040.

<sup>3</sup> Dpto. Matemática Aplicada - E.T.S.I.A. - Univ. Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria sn, Madrid, 28040.  
anamaria.tarquis@upm.es; mtcastellanos@jccm.es

**RESUMEN.** En muchas áreas de España donde existen cultivos en regadío o fertirrigación, es necesaria la optimización de las prácticas agrícolas para evitar la contaminación del agua. El cultivo de melón en Ciudad Real representa el 29% de la producción nacional. Las prácticas agronómicas comúnmente empleadas, representativas de cultivos en zonas semiáridas de este país, han producido una degradación medioambiental del agua subterránea que en estos momentos presenta una concentración de nitratos preocupante. Esta situación se ve agravada debido a la existencia en la zona de un horizonte petrocálcico situado a unos 60 cm de la superficie. El ensayo se ha realizado en la Finca "La Entresierra", localizada a diez kilómetros de la Mancha Occidental, acuífero 23 (U.H.04.04, 6.953 km<sup>2</sup>), y a cincuenta kilómetros del Campo de Montiel (U.H. 04.06, 3.192 km<sup>2</sup>), declaradas zonas vulnerables. Esta situación requiere un especial cuidado en el calendario de fertirrigación nitrogenada tratando de optimizar el rendimiento del cultivo del melón y minimizar los riesgos de polución de los acuíferos.

Los objetivos de este estudio fueron evaluar los efectos de las estrategias de fertirrigación en la lixiviación de nitratos en un cultivo de melón *Cucumis melo* L. cv. Sancho (piel de sapo). Para ello, durante la campaña del 2005 se siguió este cultivo bajo plástico acolchado en un sistema de fertirrigación. Se regó con el 100% de la ETc ajustada para este cultivo. Los tratamientos consistieron en cuatro dosis de nitrógeno, 0, 55, 82 y 109 kg N ha<sup>-1</sup>. Las concentraciones de nitratos en el agua intersticial fueron obtenidos mediante cápsulas cerámicas de succión situadas entre dos plantas consecutivas a 32.5 cm de la línea de riego y 60 cm de profundidad. Una sonda Diviner se colocó a 37.5 cm de distancia desde la línea de riego en cada una de las parcelas experimentales, para determinar el contenido volumétrico del agua del suelo.

Los resultados muestran una clara correlación entre la absorción de nitrógeno por la planta de melón y el drenaje que influye en el nitrógeno lixiviado. Existe una correlación entre el nitrógeno absorbido y el agua utilizada por el cultivo. Finalmente, para el tratamiento A0, se establece una relación matemática entre el incremento de absorción de nitrógeno y el incremento del peso fresco de la planta.

**ABSTRACT.** Better management practices are needed in many cropped, irrigated and fertirrigated landscapes in

Spain to avoid water pollution.. The melon crop area at Ciudad Real represents 29% of the national production in Spain, and this crop is grown under irrigation to give satisfactory yields. The common agronomic management is typical of that practised in semiarid cropped zones of Spain, where environmental degradation of water supplies with a high nitrate concentration is observed. This situation is aggravated by a restrictive subsurface "caliche" layer (petrocálcico horizon) with an average soil depth of 0.60 m. The site of this work, *Finca "La Entresierra"*, is located 10 km from Mancha Occidental, aquifer 23 (U.H.04.04, 6.953 km<sup>2</sup>) and 50 km from Campo de Montiel aquifer (U.H. 04.06, 3.192 km<sup>2</sup>), declared as being pollution-vulnerable areas. All these characteristics require the calibration of fertirrigation scheduling with N fertilizer application rates to optimise melon crop yields but to minimize threats of N pollution to water supplies.

The objectives of this study were to evaluate the melon crop fertirrigation strategy effects on nitrate leaching of these soils. In order to achieve this, during 2005 season different treatments were applied to melon crop that was irrigated with 100% of the ETc fixed for this crop and area. The treatments consisted of four nitrogen doses: 0, 55, 82 and 109kg N ha<sup>-1</sup>. The nitrate concentration in the interstitial water was obtained by means of suction cups located between two plants at 32.5 cm of watering line and 60 cm of depth. Between the two following plants, an access tube to the Diviner probe was installed at a 37.5 cm distance from the watering line to determine the soil moisture.

The results showed a clear correlation between the nitrogen uptake by the melon plants and the drainage that influenced the leached nitrogen. There was a correlation between the nitrogen uptake and the water used by melon plants. Finally, a mathematical relation between the increase in the nitrogen uptake and the increase in the plant's fresh weight with respect to the A0 treatment was established.

---

### 1.- Introducción

La superficie dedicada al cultivo del melón en Castilla La Mancha en el 2004, fue del 33% de la superficie nacional

de melón, situando a esta Comunidad como la que mayor número de hectáreas dedica a este cultivo y como la de mayor producción con un 32% de la producción nacional (M.A.P.A. 2004). Dentro de la Autonomía, destaca Ciudad Real con el 27% de la superficie total española dedicada a este cultivo y con el 29% de la producción nacional.

Las técnicas tradicionales de cultivo del melón han quedado en situación marginal, implantándose el riego por goteo con la fertilización incorporada (Rincón et al. 1997) en continuo y rápido crecimiento (Ortega et al. 2003).

Durante los últimos años la investigación sobre riego de melón en la zona ha evolucionado dando respuesta, a las necesidades de agua del melón, a la influencia del riego (Ribas et al. 1995) y a la mejora de la uniformidad y de la eficiencia de distribución del agua por parte de los equipos de riego (Ortega et al. 2003). Sin embargo, debido a que el agua de riego posee una elevada salinidad en la zona, es obligado suministrar unas dotaciones de riego por encima de las necesidades del cultivo con el fin de lavar la acumulación de sales que se produce en el bulbo húmedo. Esta cantidad extra de agua, conocida como fracción de lixiviación, se debe realizar en función de la concentración de sales en el agua y de la tolerancia del cultivo a las mismas. El melón es moderadamente sensible a la salinidad (100% de pérdida de cosecha con aguas de C.E. >16 dS/m) (Ayers y Westcott, 1987). Si no se realiza este lavado, la salinidad irá aumentando progresivamente en la zona radicular, limitando el desarrollo del cultivo por la disminución de la actividad fotosintética como consecuencia de un descenso del potencial osmótico, del potencial hídrico y del potencial de turgencia de la hoja que provoca el cierre estomático (Chartzoulakis, 1994).

Sin embargo, a pesar de la importancia del cultivo del melón, la información disponible sobre la influencia de la fertilización nitrogenada es prácticamente nula en estas condiciones de cultivo, elaborándose criterios de fertilización subjetivos con dosis a menudo desproporcionadas (Rincón et al. 1997). Se recomienda, para obtener unas 53.2 t ha<sup>-1</sup> de melón, aplicar una dosis de abonado nitrogenado de 202 kg N ha<sup>-1</sup> (Rincón et al. 1996).

A partir de la Directiva 91/676/CEE, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos en la agricultura, el Gobierno de Castilla-La Mancha declaró en la Resolución 101/7 del 7 de Julio de 1998 (DOCM nº 38 del 21 de Agosto de 1998) dos zonas vulnerables en la provincia de Ciudad Real, la Unidad Hidrológica (UH) 04.04, Mancha Occidental, y la UH 04.06, Campo de Montiel coincidentes con el área geográfica donde se cultiva el melón.

Una fertilización superior a los requerimientos del cultivo hace que el nitrato se lixivie hacia el acuífero contaminándolo (Bawatharani, 2004; Flores et al. 2005), así como aumentando su presencia en el suelo (Poch et al. 2005), produciendo en época de intercultivo el lavado de los nitratos con la llegada de las lluvias. Este lavado hace que el nitrato no quede disponible para la planta, lo que perjudica a la producción, y aumente la concentración de nitratos en las aguas subterráneas, fuente fundamental de abastecimiento de poblaciones, pudiendo acarrear

importantes problemas para la salud (Niaz et al. 2004). Se trata de aplicar una fertilización racional nitrogenada para reducir el impacto medioambiental de la fertilización y aumentar la rentabilidad de la producción del cultivo (Bilbao et al. 2004).

Ante esta situación, es urgente la adopción de medidas que racionalicen el uso de la fertilización, por lo que los objetivos de este trabajo son determinar el fertilizante nitrogenado necesario para mantener una producción óptima de melón y evaluar los impactos de las distintas dosis de abonado en la lixiviación de nitratos.

## 2.- Materiales y Métodos

El ensayo se realizó entre los meses de Mayo y Septiembre del 2005, en la finca "La Entresierra" (3° 56' W y 39° 0' N, 640 m de altitud) perteneciente a la Delegación de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, ubicada en Ciudad Real.

El suelo es representativo de la zona de cultivo de melón de Ciudad Real. Su textura es franco arcillo arenosa. Presenta muy poca variabilidad en los primeros 60 cm. de profundidad a partir de los cuales se encuentra un horizonte petrocálcico fragmentado. Las características más relevantes de la capa arable del suelo se encuentran en la tabla 1. Durante tres años antes del inicio del ensayo, las parcelas no recibieron ni enmiendas orgánicas ni fertilizantes, siendo cultivadas con cereal sin abonado y sin riego.

**Tabla 1.-** Propiedades físico-químicas del suelo.

Arena (%)	70.4
Limo (%)	8.0
Arcilla (%)	21.6
Clasificación textural (U.S.D.A.)	Franco-arcillo-arenosa
pH	7.93
C.E. (mS cm <sup>-1</sup> )	0.20
M.O. oxidable (%)	2.26
P (ppm)	19.43
K (meq/100 g)	1.02
Ca (meq/100 g)	11.49
Mg (meq/100 g)	6.70
N kjeldahl (%)	0.12

El melón (*Cucumis melo* L.) cv. Sancho fue transplantado el 26 de mayo, con un marco de plantación de 1.5 m x 1.5 m (4444 plantas ha<sup>-1</sup>), cultivado sobre acolchado plástico transparente y con riego por goteo. Se ensayaron cuatro dosis de N, incluido el testigo. Las dosis de N aplicadas fueron de 30 (A<sub>0</sub>), 85 (A<sub>1</sub>), 112 (A<sub>2</sub>) y 139 Kg N ha<sup>-1</sup> (A<sub>3</sub>). El tratamiento A<sub>0</sub> no recibió N procedente del fertilizante, solamente el N que contenía el agua de riego que puede ser variable entre campañas dependiendo de la procedencia de la misma. El agua utilizada en este experimento fue de origen superficial. Se siguió semanalmente la evolución de la calidad del agua de riego mediante análisis químico de las formas nitrogenadas, con el fin de determinar la cantidad total de N aplicado procedente del riego (30 Kg N ha<sup>-1</sup>). El N procedente del fertilizante, en forma de nitrato

amónico, se aplicó durante diez semanas a lo largo del ciclo de cultivo (desde el 13 Junio al 19 Agosto) y de forma equitativa a partir de una única cuba situada a pie de parcela desde donde se inyectaba al agua de riego la dosis correspondiente a cada tratamiento de abonado. Además se le aplicó al cultivo  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2 \text{ O}_5$ , en forma de ácido fosfórico.

El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones, donde el factor de variación fue el abonado nitrogenado. Cada bloque ( $42 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ ) se dividió en cuatro parcelas elementales de abonado correspondientes a las cuatro dosis de abonado utilizadas ( $10,5 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ ). En cada parcela elemental de abonado se plantaron siete filas de ocho plantas cada una. Cada fila de la parcela elemental estuvo regada por una línea porta goteros con una separación entre goteros de  $0,5 \text{ m}$  y un caudal de cada uno de ellos de  $2 \text{ L h}^{-1}$ .

Inicialmente, al cultivo se le aplicó un riego de implantación de  $30 \text{ mm}$  para favorecer su asentamiento. Semanalmente, a partir del 10 de Junio, se determinaron las necesidades de riego mediante el método propuesto por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977) a través del cálculo de la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), al ser la precipitación efectiva despreciable durante el ciclo de cultivo, como el producto entre la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ):

$$ET_c = K_c ET_0 \quad (1)$$

La  $ET_0$  fue calculada diariamente con un lisímetro de pesada (Doorenbos y Pruitt, 1977) circular, de  $0,75 \text{ m}$  de radio, instalado en la estación meteorológica próxima al campo de ensayo, sembrado con una mezcla de tres variedades de *Festuca arundinacea* y situado en el centro de una parcela de gramíneas bien regada para evitar la advección.

El  $K_c$  utilizado es el obtenido para el melón en ensayos realizados en años anteriores en la misma zona (Ribas et al. 1995) en los que se utilizó el abonado que normalmente usan en esta área (ver Fig. 1). A todas las parcelas se les aplicó el mismo riego diariamente.

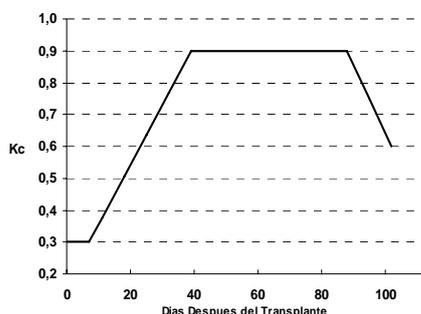


Fig. 1. Coeficiente del cultivo de melón ( $K_c$ ) con acolchado de plástico y fertirrigación durante el periodo de cultivo.

En cada parcela elemental de abonado se instaló un tubo de  $60 \text{ cm}$ . de profundidad para el acceso a la sonda Diviner

2000 (FDR). Los tubos se colocaron en el centro de cada una de las parcelas, entre dos plantas consecutivas y transversales a la línea de riego a una distancia de  $37,5 \text{ cm}$ . Las medidas se realizaron semanalmente, midiéndose el contenido volumétrico del suelo a intervalos de  $10 \text{ cm}$  de profundidad, cuantificando la reserva de agua para finalmente determinar el drenaje mediante el siguiente balance de agua.

$$D = Rb - ET \pm \Delta S \quad (2)$$

Donde  $D$  es el drenaje,  $Rb$  es el riego bruto y  $\Delta S$  es la variación en el contenido volumétrico de agua en el suelo.

Del mismo modo, en cada parcela se instaló una caña de succión provista de una cápsula cerámica para la recogida de muestras de solución líquida del suelo a  $60 \text{ cm}$  de profundidad. Semanalmente, se recogió la solución del suelo y se analizó su contenido en nitratos, con electrodo selectivo de iones, y en amonio, por colorimetría.

El lavado de nitratos por debajo de  $60 \text{ cm}$  de profundidad se calculó multiplicando el drenaje por la concentración media de nitratos en cada fecha determinada en la solución de suelo.

Al inicio y al final del ensayo, se tomaron muestras de suelo en cada una de las parcelas elementales de abonado en todo el perfil del suelo para determinar su contenido en nitrógeno mineral.

A lo largo del ciclo de cultivo y en cada una de las parcelas elementales de abonado, cada  $15\text{-}20$  días se realizó un muestreo de 4 plantas, de manera que las fechas de muestreo coincidieron con las fases de comienzo del ciclo vegetativo, período de reproducción, engorde de fruto, inicio de recolección y final de recolección, que coincidieron con 15, 34, 53, 70 y 91 días después del trasplante (DDT). El muestreo se realizó eligiendo en cada caso una planta que estuviera rodeada de otras en cada una de sus posiciones colindantes con el mismo tratamiento de abonado; esto supuso un total de 80 plantas. Estas se fraccionaron en limbo, pecíolo, tallo y fruto, cuando lo hubo, para determinar su peso fresco (PF), y después, tras secar estas muestras en estufa ( $80^\circ \text{ C}$  durante  $24\text{-}48 \text{ h}$ ), determinar su peso seco (PS). En cada tipo de muestra se determinó su contenido en N total por el método Kjeldhal.

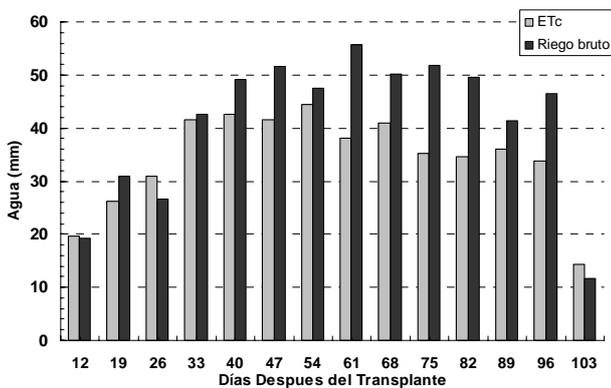
### 3.- Resultados y Discusión

El contenido en nitrógeno mineral del suelo al inicio y al final del experimento se representa en la Tabla 2. Al comienzo del mismo, el contenido en nitrógeno asimilable es muy alto y en todas las parcelas de abonado es similar. Cabe destacar la elevada cantidad en nitrógeno amoniacal de todas las parcelas, que representa aproximadamente un 50% del contenido de nitrógeno nítrico.

**Tabla 2.-** Contenido inicial y final de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en cada una de las parcelas elementales de abonado (2005)

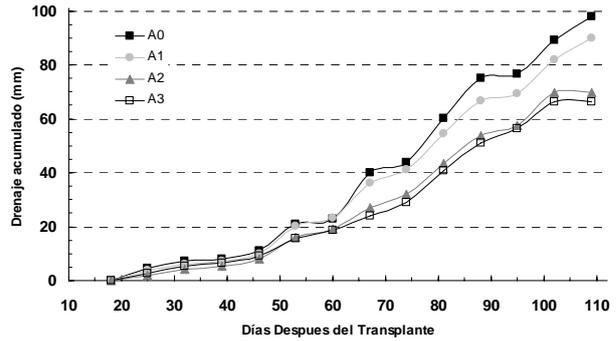
Tratamientos	Suelo inicial (mg N 100 g <sup>-1</sup> suelo)		Suelo final (mg N 100 g <sup>-1</sup> suelo)	
	N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
A0	3.02 ± 1.69	1.49 ± 0.47	2.30 ± 1.71	0.57 ± 0.49
A1	2.90 ± 0.76	1.58 ± 0.59	3.75 ± 1.01	0.99 ± 0.57
A2	2.90 ± 0.28	1.44 ± 0.56	3.10 ± 0.94	0.96 ± 0.67
A3	2.85 ± 1.86	1.44 ± 0.67	3.23 ± 1.25	0.93 ± 0.66

Las necesidades de riego del melón (*ETc*) estimadas a lo largo del cultivo fueron de 492.71 mm y el riego real aplicado fue de 574.27 mm. Tal como se muestra en la Fig. 2, el balance de *ETc* y del riego no es exacto debido a la eficiencia del sistema y el agua extra aportada para el lavado de sales.



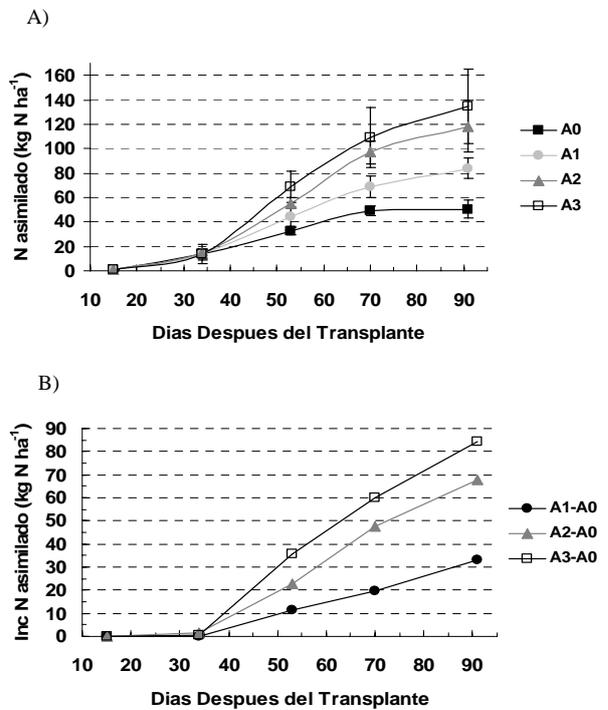
**Fig. 2.** Evapotranspiración estimada del cultivo (*ETc*) y riego bruto aplicado

Cuando realizamos el balance de agua para poder estimar el drenaje que ha habido en cada tratamiento (Fig. 3) es obvio que el A2 y A3 drenan significativamente menos que el A0; esto es debido al abonado que hemos aplicado y que se refleja visualmente en el campo por el vigor que muestran las distintas parcelas. A mayor vigor mayor evapotranspiración y menor drenaje, siempre que no exista un déficit hídrico. En este caso no lo hay, pues la *Kc* esta estimada para aportaciones elevadas de abonado nitrogenado. La variación en el drenaje estimado entre estos tratamientos comienza a los 47 días después del transplante (DDT), y es evidente a los 68 DDT. Estos tiempos coinciden además con las mayores diferencias entre las *ETc* y los riegos aplicados a los 61 y 68 DDT (ver Fig. 2).



**Fig. 3.** Drenaje acumulado según el tratamiento de abonado nitrogenado.

Tal como se muestra en las Figs. 4A y 5A, existe una clara relación entre el nitrógeno asimilado por la planta y el peso en fresco de la misma, apuntando a que en los tratamientos A2 y A3 el vigor de estas es mayor, tal como se constató en el campo.



**Fig. 4.** Nitrógeno asimilado por la planta: A) según el tratamiento, B) respecto al tratamiento A0.

La cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo fue 50,5±7,21 (A0), 83,6±8,29 (A1), 116,6±23,18 (A2) y 123,3±23,91 (A3) Kg N ha<sup>-1</sup> respectivamente.

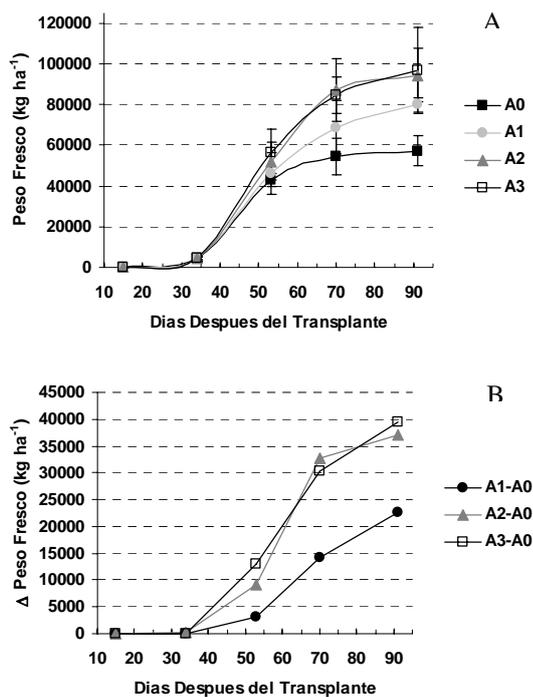


Fig. 5. Curvas de crecimiento en peso fresco de la planta: A) según el tratamiento, B) respecto al tratamiento A0

Tomando como tratamiento de referencia el A0, pues fue el único en que la planta tuvo que tomar nitrógeno del suelo necesariamente, vemos que las diferencias entre nitrógeno asimilado (Fig. 4B) y las diferencias en peso fresco total de la planta (Fig. 5B) siguen pautas muy similares.

Esto lleva a representar a ambas diferencias en una misma gráfica (Fig. 6) en la que se puede establecer una relación que sirve de base para estimar el incremento en peso fresco de la planta si se aumenta el nitrógeno asimilado por la misma respecto al tratamiento base A0.

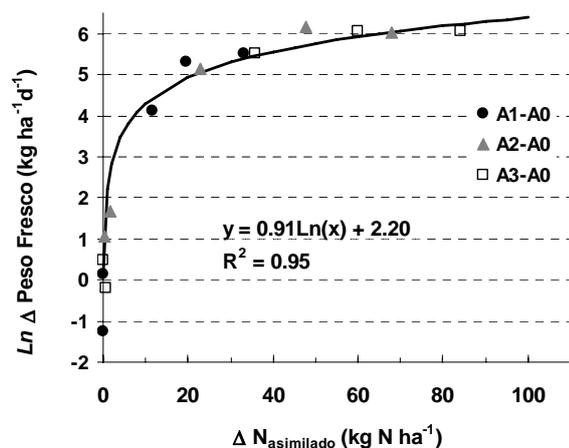


Fig. 6. Relación entre la diferencia de crecimiento en peso fresco de la planta con la diferencia en nitrógeno asimilado por la planta.

El crecimiento en peso fresco (PF) del tratamiento A0 se puede modelizar como una función normal acumulada en el tiempo, con un tiempo medio de 46 DDT y una desviación típica de 11 DDT, los resultados se muestran en la Fig. 7. Teniendo esta función como base y aplicando la relación calculada anteriormente, se ha estimado las curvas de crecimiento en peso fresco del resto de los tratamientos. Para realizar las simulaciones mostradas tan solo se han ido calculando el aumento en PF debido al aumento de nitrógeno asimilado causado por un mayor aporte en la fertirrigación. Este efecto no es lineal tal como se puede apreciar en la Fig. 6, pues a partir de cierto aumento la respuesta es menor llegando a un punto de saturación.

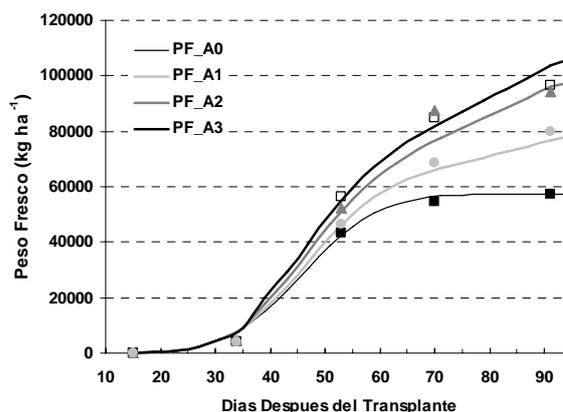


Fig. 7. Simulación del crecimiento en peso fresco de la planta (PF) según tratamiento de abonado nitrogenado y los valores reales.

Las variaciones en peso fresco (PF) que muestran las simulaciones en la Fig. 7 explican por qué los drenajes de cada tratamiento son distintos y posibilitan el reajuste del Kc en función del nitrógeno asimilado por la planta. Dichas diferencias comienzan a ser significativas en el periodo en el que los valores de Kc son máximos y constantes (ver Fig. 1).

Durante todo el periodo de cultivo, las pérdidas de nitrógeno por lixiviación han sido muy bajas (Fig. 8) como consecuencia tanto del drenaje como del abonado nitrogenado realizado. Si bien las diferencias de pérdidas por lixiviación durante la época del cultivo entre los cuatro tratamientos, no son mayores de lo que se podía esperar, esto no significa que el mayor aporte en la fertirrigación de abonado nitrogenado no incurra en un mayor riesgo de contaminación de acuíferos. En la época entre cultivos, suelen producirse situaciones de precipitaciones intensas y puntuales que dan lugar a una lixiviación del nitrógeno acumulado en el suelo. En este caso hubo una precipitación entre octubre del 2005 y abril del 2006 de 174 mm, sin que existiese ningún cultivo. Esto dio lugar sin duda a un drenaje en el cual la mayor lixiviación de nitratos, se produjo donde más cantidad había acumulado, es decir en las parcelas del tratamiento A3.

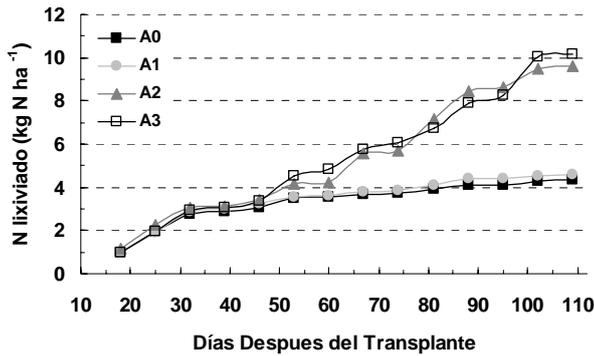


Fig. 8. Nitrógeno lixiviado ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) acumulado en los diferentes tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo.

#### 4.- Conclusiones

El drenaje de los diferentes tratamientos fertilizantes está inversamente correlacionado con la dosis de fertilizante aplicado y con el peso fresco de planta producida. Esto es debido a que se aplica la misma dosis de agua sin tener en cuenta que el abonado nitrogenado modifica la *ETc*, como consecuencia de la variación de la *Kc* del cultivo, como se ha visto en esta experiencia a través del peso fresco.

Teniendo en cuenta los incrementos de nitrógeno añadido al suelo respecto al testigo y la diferencia de peso fresco de las plantas, se pueden estimar las curvas de crecimiento referidas a peso fresco para los diferentes tratamientos fertilizantes en función de los DDT.

Se puede afirmar que no existen diferencias significativas en cuanto a la lixiviación de nitratos hasta 50 DDT, momento a partir del cual se producen las lixiviaciones más elevadas para los tratamientos A2 y A3, aunque estas no llegan a ser muy altas debido al menor drenaje y al máximo aprovechamiento de nitrógeno que es utilizado en producción de materia fresca.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido financiado por el proyecto INIA-RTA 04 – 111 – C3.

#### Bibliografía

- Ayers, R.S. y Westcott, D.W. 1987. La calidad de agua en la agricultura. *Estudios FAO: Riego y Drenaje n° 29*, 174.
- Bawatharani, T., Mowjood, M.I.M., Dayawansa, N.D.K. y Kumaragamage, D. 2004. Nitrate leaching as a function of fertilization and irrigation practices in sandy regosols. *Trop Agr Res*, 16: 172-180.
- Bilbao, M., Martínez, J.J. y Delgado, A. 2004. Evaluation of soil nitrate as a predictor of nitrogen requirement for sugar beet grown in a Mediterranean climate. *Agron J*, 96: 18-25.
- Chartzoulakis, K.S. 1994. Photosynthesis, water relations and leaf growth of cucumber exposed to salt stress. *Sci Hortic*, 59: 27-35.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. *Estudios F.A.O. Riego y Drenaje. 24. Ed FAO (Roma)*, 194.
- Flores, P., Castellar, I. y Navarro, J. 2005. Nitrate leaching in pepper cultivation with organic manure and supplementary additions of mineral fertilizer. *Soil Sci Plant Ann*, 36: 2889-2898.
- MAPA., 2004. Anuario de estadísticas agroalimentarias 2003, disponible en <http://www.mapya.es>.

Niaz, A., Ibrahim, M., Nadeem, M.Y., Saneen, A., Ahmed, W. y Katar, F.M.Z. 2004. Nitrate leaching losses under different irrigation frequencies and uptake in cereal foods. *J Agr Sci*, 41 (3-4): 95-101.

Ortega, J.F., De Juan, J.A. y Tarjuelo, J.M. 2003. Evaluación y análisis del funcionamiento del riego localizado en cultivos hortícolas de Castilla-La Mancha. *Actas de Horticultura N° 39. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, Pontevedra*, 61-63.

Poch, R., Mailhol, J.C., Candela, L. y Ramírez, F. 2005. Estimación de los riesgos de lixiviación de nitratos en suelos agrícolas: ¿Enfoque numérico o funcional? *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo. Vol. VII*, 177-184.

Ribas F., Cabello, M.J. y Moreno, M.M. 1995. Necesidades de riego del melón y respuesta del cultivo a riegos diferenciales en la provincia de Ciudad Real (Castilla-La Mancha). *XIII Jornadas Técnicas sobre Riegos. (Tenerife)*, 12-20.

Rincón, L. 1997. Fertilización del melón en riego por goteo. *Melones 10. Ediciones de Horticultura*. 86-94.

Rincón, L., Sáez, J., Pérez, J.A. y Madrid, R. 1996. Growth and nutrient absorption by muskmelon crop under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae*, 54: 153-159.