

Evaluación agronómica y económica de fertilizantes de liberación lenta y estabilizados en cultivos de patata y tomate de industria

C. Casar¹, L.M. Muñoz-Guerra¹, M. Maturano², E. Ordiales³ y L.E. Carrasco³

¹COMPO Iberia. Dpto. Investigación y Desarrollo

²ITAP. Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete

³CTAEX. Centro Tecnológico Agroalimentario Extremadura

Palabras clave: Fertilización, medio ambiente, contaminación, inhibidores de la nitrificación, fertilizantes recubiertos, 3,4-dimetilpirazol fosfato, DMPP

Resumen

Por razones químicas y fisiológicas el nitrógeno tiene especial importancia en la fertilización y en su impacto ambiental. La normativa relativa a las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos y las referentes a la producción integrada limitan en muchos casos los aportes máximos de nitrógeno, así como sus formas y momentos de aplicación. En los dos ensayos presentados se compararon las rentabilidades económicas de diversas dosis y estrategias de fertilización nitrogenada, y además se valoró el impacto de éstas en la calidad alimentaria del producto final. En ambos ensayos se estudia el impacto del uso de fertilizantes granulados parcialmente recubiertos y con el inhibidor de la nitrificación 3,4 dimetilpirazol fosfato, DMPP (nombre comercial DuraTec[®]) y en el caso del ensayo en tomate de industria además se estudia el efecto de los abonos solubles que también incorporan el citado inhibidor de la nitrificación (nombre comercial NovaTec[®]Solub). En el ensayo realizado por el ITAP en patata el tratamiento que incorporaba el fertilizante NPK parcialmente recubierto + DMPP en un solo aporte presentó una producción un 15% mayor que el abonado convencional con dos aportes, fondo y cobertera, ambos a igualdad de N aplicado, 150 kg/ha. El tratamiento NPK parcialmente recubierto + DMPP a una dosis de N 30% menor presentó producciones un 8% mayores que el convencional a 150 kg/ha. Desde el punto de vista económico, comparados con el abonado clásico, los tratamientos NPK parcialmente recubierto + DMPP aportaron 971 y 567 €/ha más, a igualdad de unidades y un 30% de N menos respectivamente. El segundo ensayo presentado, realizado junto al CTAEX y cofinanciado por el Centro para el Desarrollo Técnico Industrial (CDTI), se realizó en tomate de industria fertirrigado, comparando tratamientos nutricionales bajo fertirrigación pura o bien con fondo granulado + fertirrigación. El tratamiento que mayor beneficio obtuvo fue el que incorporaba el fertilizante NPK parcialmente recubierto + DMPP (DuraTec[®]) + fertirrigación con abonos con inhibidor de la nitrificación (NovaTec[®]), en concreto produjo un 11.3% más que el abonado convencional de fertirrigación pura con abonos convencionales, con un beneficio económico de 1.545 €/ha más. El tratamiento con NPK parcialmente recubierto + DMPP a una dosis un 30% inferior de N produjo un beneficio de 495 €/ha más que el abonado convencional a una dosis alta. Ambos ensayos muestran que el uso de dosis menores de abonos más eficientes genera

mayor beneficio final para el agricultor, reduciendo a la vez los riesgos de contaminación ambiental.

INTRODUCCIÓN

La producción de calidad se controla por la interacción de factores genéticos, medioambientales y culturales, incluyendo dentro de estos la nutrición de la planta. La fertilización tiene como objetivo mantener las concentraciones de nutrientes adecuadas en el suelo, asegurando la disponibilidad, en cantidad y momento, de todos los nutrientes que la planta requiere en sus distintas fases de cultivo.

La sobre-fertilización nitrogenada provoca contaminación de las aguas superficiales y subterráneas debido a la acumulación de nitratos, además un mal manejo de este nutriente tiene importantes consecuencias negativas en el desarrollo de la planta, pudiendo causar menor producción y calidad, tanto industrial como nutricional. A modo de ejemplo en un ensayo de tomate de industria fertirrigado desarrollado por la Universidad de la Rioja (Vázquez et al., 2002) se midieron pérdidas de entre un 43 y un 91% del N aportado. Por lo que podemos concluir que las pérdidas por lixiviación pueden ser importantes y que dependerán de la estrategia de fertilización y la corrección del riego. Para la precisión en esta estrategia es imprescindible la evaluación del cultivo, del suelo y del agua de riego acompañada con la interpretación de técnicos expertos en el ámbito de la nutrición vegetal.

Los inhibidores de la nitrificación se desarrollaron con el fin de incrementar la eficiencia de la fertilización nitrogenada. Estos compuestos, añadidos junto con los fertilizantes granulados, solubles o líquidos, retrasan la oxidación bacteriana del NH_4^+ a NO_2^- e imposibilitan su final transformación en nitrato, NO_3^- (Trenkel, 1997; Prasad y Power, 1995). Los inhibidores de la nitrificación incrementan la presencia de amonio en el suelo, que al igual que el nitrato es idóneo para nutrir al cultivo, pero con un riesgo de pérdida por lixiviación mucho menor que el nitrato. Este efecto incrementa la eficacia de la fertilización nitrogenada, con repercusiones importantes tanto económicas como ambientales. Actualmente el inhibidor con mayor implantación comercial es el 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP). Se trata de una molécula que actúa a muy bajas concentraciones con una alta eficiencia y persistencia en el suelo. Además este inhibidor es inocuo para el resto de microorganismos presentes en el suelo (Zerulla et al., 2001).

Con un objetivo similar se desarrollaron los fertilizantes recubiertos. Son fertilizantes granulados cubiertos por una película plástica que hace que los nutrientes se liberen de forma gradual en un tiempo determinado, que depende del grosor de la película que los recubre. En 2010 apareció en el mercado un nuevo producto que agrupa las dos tecnologías comentadas, se trata de un fertilizante granulado NPK, con N mayoritariamente en forma amoniacal, que contiene el inhibidor de la nitrificación 3,4 dimetilpirazol fosfato y que tiene un 25% del N (y dependiendo de la fórmula partes variables de P y K) en forma recubierta con una liberación estimada de tres meses (denominación comercial DuraTec[®]). Las posibilidades de uso del producto se centran específicamente en abonado de fondo en hortalizas y en abonados post-cosecha y primaverales en cultivos frutales. En el caso de hortalizas esta tipología de producto puede ayudar a colocar en el suelo los nutrientes necesarios para las primeras fases de cultivo tras la plantación con un riesgo bajo de causar daños por salinidad (por ser parcialmente recubierto) y con pérdidas muy bajas de N por lixiviación.

Con el fin de estudiar el posible beneficio de ambas tecnologías en cultivos de regadío a toda superficie y en cultivos fertirrigados se planificaron dos ensayos en patata

y en tomate de industria, en colaboración con el ITAP (Albacete) y el CTAEX (Badajoz), cuyos resultados se muestran en el presente artículo. El objetivo de ambos trabajos es evaluar la eficiencia en el uso del nitrógeno de dos tecnologías, la que incorpora el inhibidor de la nitrificación 3,4 dimetilpirazol fosfato (DMPP) y a aquella que además aporta una fracción recubierta para conseguir la liberación lenta de nutrientes. La primera de ellas como abono soluble para fertirrigación y la segunda para aplicación directa al suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ensayo en patata realizado entre COMPO Expert y el ITAP en Albacete se utilizó la variedad Red Pontiac, fue transplantada el 20/04/2010. Se evaluaron 6 manejos diferentes de la fertilización, en cuanto a dosis, momentos, y fuentes de abonado, con cuatro repeticiones de cada tratamiento, en una distribución de bloques al azar. El ensayo se condujo en condiciones de irrigación por aspersión. Los tratamientos evaluados se presentan en la tabla 1. La dosis óptima se determinó a partir de la información generada en ensayos anteriores en la Finca Experimental “Las Tiesas” y de los resultados analíticos de suelo y agua. El abonado de fondo se aplicó el 13/05/2010, y la cobertera el 27/05/2010. El 26/04/2010 se aplicó el herbicida Challenger. Se realizaron tres aplicaciones de insecticida para el control del escarabajo, el 2 y 16 de junio, y el 16 de julio. La cosecha se realizó el 09/08/2010. Los análisis de suelo mostraron que era fuertemente básico, ligeramente salino, de bajo contenido en materia orgánica y nitrógeno y elevada concentración de fósforo y potasio. En el ensayo se controló la evolución del contenido de clorofilas (sistema SPAD[®]), la producción final, rendimiento económico, distribución de calibres y conservación post-cosecha.

El ensayo realizado en 2010 en tomate de industria (variedad *albatros*, Nunhems) entre COMPO Expert y el CTAEX en su finca experimental en Badajoz, estaba constituido por seis tratamientos, con un diseño de bloques al azar, estableciendo 4 repeticiones por cada tratamiento. La superficie de cada parcela elemental era de 180 m² (6 líneas de cultivo, de 20 m de longitud). Los tomates se transplantaron a primeros de junio y se recolectaron a mediados de septiembre. Previo al ensayo se hizo un análisis global de suelo y agua de riego, ésta fue además monitorizada durante el ensayo para en función de ello diseñar los programas de fertilización. Del análisis de suelo se desprende que se trata de un suelo con textura franco arenosa arcillosa, con moderado drenaje interno y moderada capacidad de retención de nutrientes y agua. Es un suelo de baja fertilidad, no salino, con pH neutro, adecuado por tanto para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes. La baja relación entre el contenido de Carbono y Nitrógeno indica una rápida mineralización de la materia orgánica del suelo. Los tratamientos comparados y la distribución de nutrientes se detallan en la tabla 2. En el ensayo se hizo un seguimiento del crecimiento del cultivo a través de la medida del área foliar y de la distribución cromática de la hoja mediante el sistema de análisis de imágenes FOLIAREA[®] (Muñoz-Guerra y Casar, 2007), usando esta metodología se estimó el denominado Índice de Capacidad Fotosintética (ICF), calculado según la fórmula:

$$\text{Índice Capacidad Fotosintética} = \left[100 - \frac{\text{verde medio} - 100}{255} \right] \times \left[\frac{\% \text{ zona verde}}{100} \right] \times \text{Área Hoja}$$

Verde medio: escala RGB, valor entre 0 y 255. El verde más intenso se corresponde con el 0.

% zona verde: % de la hoja que se considera eficiente

Área de la hoja: área en cm²

Además se estudió la evolución el N-nítrico y el N-amoniaco en el horizonte superficial del suelo, el rendimiento bruto, la materia prima aceptable, presencia de desordenes fisiológicos y agronómicos (podredumbre apical, sobremaduros, frutos verdes...), se midieron los principales parámetros de calidad industrial (dureza, °brix, color, licopenos) y se analizó la presencia de nitratos en frutos. El ensayo contaba con sondas de control de la humedad Enviroscan[®] para la evaluación del movimiento del agua en el suelo (Fig. 1).

RESULTADOS

En los dos ensayos presentados hubo una respuesta importante a las distintas dosis y tipologías de abono comparadas, posiblemente debido a que el otoño de 2009 y el invierno 2009/10 fueron muy lluviosos y dejaron muy lavado el perfil del suelo.

En el caso del ensayo de tomate de industria la evolución del cultivo presentó diferencias ya a mediados del ciclo de cultivo, en la figura 2 se muestra el valor ICF de los tratamientos a los 60 días tras la plantación. Todos los tratamientos de fertirrigación pura que incorporaban los fertilizantes solubles con DMPP (T3 y T4) y los que tenían aplicación de fondo con recubierto+DMPP y fertirrigación + DMPP (T5 y T6) tenían un índice de capacidad fotosintética mayor que los producidos según el programa de abonado clásico recomendado en la zona (Figura 2), sobre todo debido a una mayor área foliar (datos no mostrados). Este factor es clave en este cultivo: un mayor desarrollo inicial de la planta implica mayor productividad y mayor protección de los frutos, reduciendo las pérdidas por asolanado. En la tabla 3 se observa que los tratamientos T5 (Abonos con DMPP con N óptimo. Fondo + Fertirrigación), T3 (Abonos con DMPP con N óptimo, sólo fertirrigación) y T4 (Abonos con DMPP con N reducido, sólo fertirrigación) producen mayor rendimiento total, pero además tienen los mejores valores de materia prima aceptable debido a que tienen bajos niveles de pérdidas por golpe de sol, podredumbre apical, sobre-maduración o presencia de frutos verdes. Ambos tratamientos producen más tomate de calidad y más uniforme en su maduración, generando menos penalizaciones al agricultor por la entrega de tomate de baja calidad y por todo ello ofreciendo los mejores valores de rentabilidad (Tabla 3). En concreto el T5 (Abonos con DMPP con N óptimo. Fondo + Fertirrigación) genera 1.595 €/ha más que el abonado convencional aconsejado en la zona, e incluso el tratamiento T4 (Abonos con DMPP con N reducido. Sólo fertirrigación) que aporta un 30% menos N que el convencional genera 1.070 €/ha más que éste. En el presente ensayo en los parámetros de calidad industrial (°Brix, dureza, color) no se detectaron diferencias significativas. Estos fertilizantes estabilizados con DMPP o los que además incorporan una fracción recubierta tienen la capacidad de incrementar el amonio presente en el suelo, si habitualmente éste es casi inexistente con estas tecnologías llega a ser un 15-20% del N mineral del suelo (Bañuls et al., 2000), reduciendo así el riesgo de pérdidas por lixiviación de los nitratos (Zerulla et al., 2001). La nutrición mixta amonio / nitrato hace que la planta reduzca su gasto energético en la asimilación del nitrógeno e incremente la síntesis de citoquininas (Chen et al., 1998; Pastor et al., 2005), debido a que esta nutrición mixta produce mayor desarrollo radicular (Bloom y col, 2003), punto de síntesis de estas fitohormonas. Los efectos anteriores hacen que la planta tenga un desarrollo más equilibrado, mayor capacidad fotosintética y mayor tasa de cuajado, que al final se traduce en mayor rendimiento por unidad de nitrógeno aplicada. Además de estos factores fisiológicos positivos el ligero incremento de la absorción de amonio mostró en trabajos previos (Muñoz-Guerra et al., 2008) que reduce la acumulación de oxalatos en fruto (generados

en el proceso de asimilación del amonio) y puede incrementar la concentración de antioxidantes como la vitamina C o el licopeno (Libert y Franceschi, 1987; Backr y Gawish, 1997).

El segundo ensayo presentado, realizado en patata, tenía únicamente fertilización directa a suelo con abonos granulados, convencionales y aquellos que incorporaban el inhibidor DMPP y además un 25% del N recubierto. En este caso la respuesta a la dosis de N fue clara (Tabla 4), el testigo (T1) produjo un 38% menos que el abonado convencional de referencia (T2) con 150 UF N, mientras que el abonado convencional reducido a 105 UF N vio reducida su producción un 8% respecto al T1. Los tratamientos T4 y T5, ambos con DMPP + recubierto y a dosis de 150 UF N y 105 UF N, ofrecen los mejores resultados de rendimiento, tanto en kg/ha como en lo referente al beneficio neto. En el T4 (DMPP + recubierto a 150 UFN) se obtuvo un rendimiento neto de 8.244 €/ha, 1.731€ más que el abonado convencional recomendado en la zona (26% de incremento). El tratamiento T5 (DMPP + recubierto a 105 UFN, -30% N) produjo 805 kg/ha más que el abonado convencional a 150 UF (T2), y 1.656 kg/ha más que el convencional con las mismas unidades de N aplicadas (T3). Económicamente este tratamiento T5 (DMPP + recubierto a 105 UFN, -30% N) rindió 567 €/ha y 1.327 €/ha más que el T2 y T3 respectivamente (tabla 4). La eficiencia en el uso del N medida mediante el coeficiente de uso aparente del fertilizante (CAU) fue claramente superior en los tratamientos con fertilizantes con DMPP + recubrimiento (T4, T5 y T6), la tabla 4 muestra los citados valores. El nitrógeno en dosis importantes tiene efectos negativos sobre la conservación de los tubérculos, pudiendo ver reducida su materia seca y su densidad e incrementada la presencia de azúcares reductores (Alonso, 2002; Chris et al., 2004). La figura 3 muestra la pérdida de peso tras 45 días de almacenamiento en cada uno de los tratamientos, si bien no existieron diferencias estadísticamente significativas se detecta una tendencia a una menor pérdida de peso en los tratamientos con dosis baja de N (T3) o aquellos con fertilizantes con DMPP + recubrimiento (T4, T5 y T6), posiblemente debido a que aportan menos N (T3) o lo hacen en una sola aplicación sin cobertera (T4, T5 y T6), lo que hace que el N final en el tubérculo sea menor.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión es destacable que el uso de tecnologías “limpias” en la fertilización es beneficioso para el medio ambiente pero también rentable para el agricultor. Ambos ensayos muestran que los fertilizantes solubles con DMPP y los granulados con DMPP y recubiertos ofrecen mejores resultados productivos, económicos y de calidad del producto final que las alternativas habituales en la zona de producción. Los efectos mostrados son consecuencia de la mayor eficiencia en el uso del nitrógeno de estas tecnologías y de la nutrición mixta amonio – nitrato que producen.

Referencias

- Alonso, F. 2004. El cultivo de la patata. Mundi-Prensa. Madrid.
- Bañuls, J., Martín, B., Monfort, P., y Legaz, F. 2000. Mejora de la fertilización nitrogenada en el tomate. *Agrícola Vergel*. Octubre 664-667.
- Bloom, A., Meyerhoff, P., Taylor, A. and Rost T. 2003. Root development and absorption of ammonium and nitrate from the rhizosphere. *Journal of plant growth regulation* 21(4): 416-431.
- Backr, A. and Gawish, R. 1997. Trials to reduce nitrate and oxalate content in some leafy vegetables. 2. Interactive effects of the manipulating of the soils Nutrient Supply,

- different blanching media and preservation methods followed by cooking process. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 73 (2). 169-178.
- Chen, J., Cheng, S., Weixing, C. and Zhou X. 1998. Involvement of endogenous plant hormones in the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of wheat. *Journal of Plant Nutrition* 21(1): 87-97.
- Chris, M., Sieg, S., Douches, S. and Chase R. 2004. Tuber yield, storability, and quality of Michigan cultivars in response to nitrogen management and seedpiece spacing. *American Journal of Potato Research* 81(5): 347-357.
- Libert, B. and V. Franceschi. 1987. Oxalate in cross plant. *J. Agric. Food Chem.* 35: 926-938.
- Muñoz-Guerra, L.M. and Casar, C. 2007. SFC[®] COMPO Software: an easy tool for farmers to optimize mineral nutrition of crops and reduce fertilisers environmental pollution. *Actas del 10th International Symposium on Soil and Plant Analysis*. Soil and Plant Analysis Council. Hungria.
- Muñoz-Guerra, L.M., Casar, C., Ordiales, E. y López J. 2008. Eficiencia de la fertilización nitrogenada en el tomate de industria. Evolución productiva, medioambiental y referente a la calidad alimentaria del producto final. *Actas del XII Simposio nacional de Nutrición Mineral de las Plantas*. Granada.
- Pastor, M., Vega, V., Hidalgo, J.C. y Nieto, J., 2005. La fertirrigación en el olivar de riego. En: *Cultivo del Olivo con Riego Localizado*. p. 505-645. M Pastor (ed.) Consejería de Agricultura-Mundi Prensa.
- Prasad, R. and Power, J.F. 1995. Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. *Advances in Agronomy* 54: 233-281.
- Trenkel, M.E. 1997. Improving fertilizer use efficiency: Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. *International Fertilizer Industry association*. Paris.
- Vázquez, N., Quemada, M., Pardo, A. y Suso, M.L. 2002. Evaluación del lavado de nitratos en función de la dosis y frecuencia de riego en un cultivo de tomate para industria. *ITEA Vegetal* 23: 107-118
- Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Horchler, K., Pasda, G., Rädle, M. and Wissemeier, A.H. 2001. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biol. Fertil. Soils* 34: 79-84.

Tabla 1. Tratamientos ensayo COMPO Expert – ITAP. Patata “red pontiac”

| Tratamiento | Descripción | Dosis de N aplicada |
|---|--|--|
| T1 – control | Testigo sin abonado | ----- |
| T2 – Convencional N óptimo (CO) | Abonado Convencional. Fondo + cobertera Dosis óptima | 150 kg/ha 800 kg/ha 9-18-27 + 300 kg/ha NSA 26%N |
| T3 – Convencional N reducido (CR) | Abonado Convencional. Fondo + cobertera Dosis reducida | 105 kg/ha 550 kg/ha 9-18-27 + 210 kg/ha NSA 26%N |
| T4 – Recubierto + DMPP óptimo (DO) | Todo en fondo localizado. Dosis óptima | 150 kg/ha 1070 kg/ha DuraTec ^(R) 14-7-14 |
| T5 - Recubierto + DMPP reducido (DR) | Todo en fondo localizado. Dosis reducida | 105 kg/ha 750 kg/ha DuraTec ^(R) 14-7-14 |
| T6 - Recubierto + DMPP super reducido (DSR) | Todo en fondo localizado. Dosis super-reducida | 75 kg/ha 535 kg/ha DuraTec ^(R) 14-7-14 |

Tabla 2. Tratamientos ensayo COMPO Expert – CTAEX. Tomate de Industria

| Tratamiento | Descripción | Dosis de N aplicada (dosis de todos los nutrientes) |
|---|--|--|
| T1 – Convencional N óptimo | Aplicado bajo fertirrigación con abonos convencionales | 130 kg/ha N (130-80-160 + 30 CaO) |
| T2 – Convencional N reducido | Aplicado bajo fertirrigación con abonos convencionales * | 90 kg/ha N (90-80-160 + 30 CaO) |
| T3 – Abonos con DMPP con N óptimo. Fertirrigación | Aplicado bajo fertirrigación con abonos solubles con DMPP ** | 130 kg/ha N (90-80-160 + 30 CaO) |
| T4 – Abonos con DMPP con N reducido. Fertirrigación | Aplicado bajo fertirrigación con abonos solubles con DMPP ** | 90 kg/ha N (90-80-160 + 30 CaO) |
| T5 – Abonos con DMPP con N óptimo. Fondo + Fertirrigación | Fondo con abono granulado con DMPP + 25% recubierto ***. Fertirrigación con abonos solubles con DMPP ** | 130 kg/ha N (90-80-160 + 30 CaO) Fondo: pre-transplante 150 kg/ha 14-7-14 *** |
| T6 - Recubierto + DMPP super reducido. Fondo + Fertirrigación | Fondo con abono granulado con DMPP + 25% recubierto ***. Fertirrigación con abonos solubles con DMPP ** | 90 kg/ha N (90-80-160 + 30 CaO) Fondo: pre-transplante 150 kg/ha 14-7-14 *** |

Reparto de nutrientes T1 a T4: Semanas 1-4 el 17% N por semana, 22% del P, 5% del K y 0% Ca. Semanas 5-8 el 5% N por semana, 4% del P, 12% del K y 17% Ca. Semanas 9 y 10 el 5% N por semana, 0% del P, 16% del K y 17% Ca.

Reparto de nutrientes T5: Fondo: 16% N, 10% P, 10%K. Semanas 1-4 el 14% N por semana, 19% del P, 4% del K y 0% Ca. Semanas 5-8 el 4% N por semana, 2% del P, 10% del K y 17% Ca. Semanas 9 y 10 el 5% N por semana, 0% del P, 15% del K y 17% Ca.

Reparto de nutrientes T6: Fondo: 23% N, 10% P, 10%K. Semanas 1-4 el 12% N por semana, 19% del P, 4% del K y 0% Ca. Semanas 5-8 el 4% N por semana, 2% del P, 10% del K y 17% Ca. Semanas 9 y 10 el 5% N por semana, 0% del P, 15% del K y 17% Ca.

* Convencionales: ácido fosfórico, nitrato amónico, nitrato potásico

** Sales solubles con DMPP: NovaTec Solub 21, NovaTec Solub 12-0-34, NovaTec Solub 16-30

*** Abono granulado de fondo: DuraTec 14-7-14. Abono con DMPP y un 25% del N recubierto

Tabla 3. Ensayo tomate de industria – CTAEX. Rendimiento (total y materia prima aceptable), beneficio económico, % de frutos perdidos debido a que estaban verdes, sobremaduros, con golpe de sol o con podredumbre apical (en negrita y subrayado los dos mejores tratamientos en cada parámetro).

| | Rto total | Materia prima aceptable | % MPA | Beneficio económico respecto T1* | % Frutos verdes | % sobre maduros | % Golpe de sol | % Podredumbre apical |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| T1- Convencional N óptimo | 63,74 ^{bc} | 50,71 ^{bd} | 79,8 ^a | 0 | 6,73 ^a | 5,62 ^d | 3,24 ^{ab} | 1,92 ^{ab} |
| T2-Convencional N reducido | 59,23 ^c | 45,57 ^{de} | 77,0 ^a | - 665 € | 6,48 ^{ab} | 6,50 ^{bcd} | 3,70 ^{ab} | 2,44 ^{ab} |
| T3- Abonos con DMPP con N óptimo. Fertirrigación | <u>72,11</u> ^{ab} | <u>58,18</u> ^{ab} | <u>80,7</u> ^a | + 1.010 € | 6,14 ^{ab} | <u>5,00</u> ^{cd} | <u>2,08</u> ^b | 1,79 ^{ab} |
| T4- Abonos con DMPP con N reducido. Fertirrigación | 66,96 ^{abc} | 51,46 ^{bd} | 77,0 ^a | <u>+ 1.070 €</u> | 6,69 ^a | 6,06 ^{bcd} | 3,17 ^{ab} | 1,77 ^{ab} |
| T5- Abonos con DMPP con N óptimo. Fondo + Fertirrigación | <u>75,63</u> ^a | <u>62,04</u> ^a | <u>82,0</u> ^a | <u>+ 1.595 €</u> | <u>5,21</u> ^{abc} | <u>5,46</u> ^{cd} | <u>2,36</u> ^{ab} | <u>0,74</u> ^a |
| T6- Recubierto + DMPP reducido. Fondo + fertirrigación | 69,59 ^{ab} | 55,03 ^{abc} | 79,0 ^a | + 545 € | <u>4,89</u> ^{abc} | 7,15 ^{abc} | 2,70 ^{ab} | <u>1,62</u> ^{ab} |

Letras diferentes indican diferencias significativas a $p < 0,05$.

* Para el aporte óptimo de N el coste del plan de fertilización convencional tiene un coste de aprox. 500€. El coste del plan con abonos estabilizados con DMPP y parcialmente recubiertos aprox. 600 €

Tabla 4. Ensayo patata – ITAP. Rendimiento (total y respecto al convencional óptimo), coeficiente aparente de uso del abono (CAU), beneficio bruto y beneficio neto por hectárea (en negrita y subrayado los dos mejores tratamientos en cada parámetro).

| | Rto | Incr T1 | CAU | Rendimiento bruto en €/ha ** | Beneficio neto en €/ha ** |
|---|----------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|
| T1 – control | 26,6 ^c | - 38% | --- | 6.118 | 3.848 |
| T2 – Convencional N óptimo (CO) | 42,6 ^{abc} | --- | 108 | 9.867 | 7.273 |
| T3 – convencional N reducido (CR) | 39,2 ^b | - 8.5% | 120 | 9.016 | 6.513 |
| T4 – Recubierto + DMPP óptimo (DO) | <u>49,2</u> ^a | <u>+ 15%</u> | 150 | <u>11.316</u> | <u>8.244</u> |
| T5 - Recubierto + DMPP reducido (DR) | <u>46,4</u> ^{ab} | <u>+ 8%</u> | <u>188</u> | <u>10.672</u> | <u>7.840</u> |
| T6 - Recubierto + DMPP super reducido (DSR) | 41,6 ^{abc} | - 3% | <u>199</u> | 9.568 | 6.898 |

Letras diferentes indican diferencias significativas a $p < 0,05$.

* Coeficiente aparente de uso del fertilizante (CAU) = (Rto.Tratamiento – Rto.Testigo) / N tratamiento

** Suponiendo que el cultivo de una hectárea cuesta 2300€(semilla, labores, herbicidas, agua..) + el coste de cada plan de abonado. La patata se ha valorado en 0,23 €/kg, según precio de mercado en la zona (Albacete) en la fecha de recolección.



Fig. 1. Sondas para el control medioambiental en el ensayo de fertilización en tomate de industria COMPO EXPERT – CTAEX – CDTI. Año 2009.

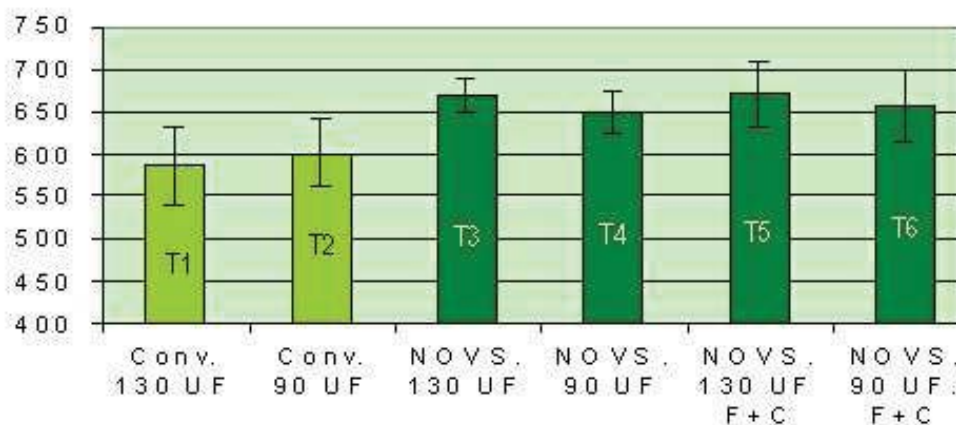


Fig. 2. Ensayo CTAEX tomate de industria: Índice de Capacidad Fotosintética (ICF) a los 60 días de la plantación (Obtenido mediante el sistema FOLIAREA®)

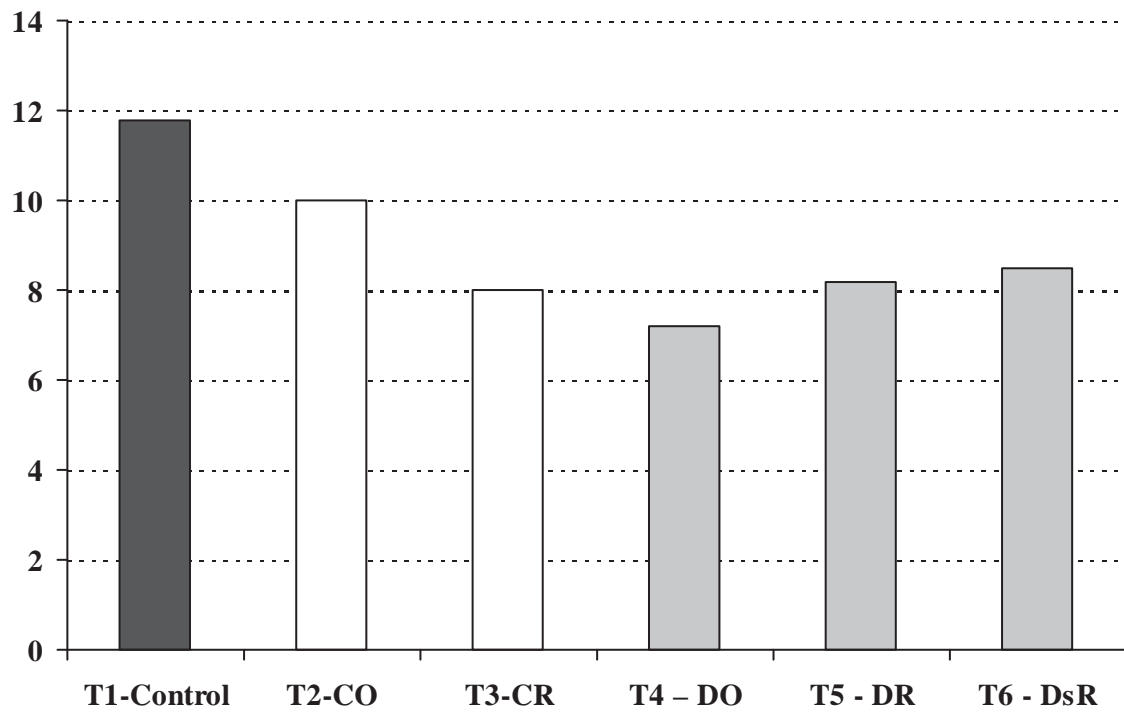


Figura 3. Ensayo patata – ITAP. Pérdida de peso de la patata tras 45 días de almacenamiento a temperatura ambiente en oscuridad.