



# Eficiencia de uso de nitrógeno en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

## Nitrogen use efficiency in potato crop (*Solanum tuberosum* L.)

Amel Marouani\* y Youcef Harbeoui

Unité Cultures Maraîchères et Florales (UCMF), Departamento de Agronomía y Biotecnología Vegetal, Instituto Nacional de Agronómico de Túnez-Cartago Universidad. 43 Avenida Charles Nicolle, Mahrajène, 1082, Túnez.

\*Autor para correspondencia: [amel\\_marouani@yahoo.es](mailto:amel_marouani@yahoo.es)

Rec.: 13.01.2015 Acep.: 29.04.2015

### Resumen

En Túnez, la fertilización nitrogenada de la papa (*Solanum tuberosum* L.) conjuga la utilización de fertilizantes minerales con dosis altas, aunque esto no significa alcanzar los rendimientos esperados. Para evaluar la productividad de papa y la eficiencia de uso de N en el sistema de explotación tunecino se realizó un experimento en el Centro Técnico de la Papa y de la Alcachofa (CTPTA), Saïda - Manouba. Se usaron tres tratamientos de N (0, 50 y 200 kg/ha) y tres variedades de papa: Spunta, Bellini e Atlas. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de la eficiencia del uso de N en las condiciones agronómicas tunecinas del cultivo de papa a partir de la determinación del efecto de distintos dosis de N sobre los parámetros de crecimiento y de desarrollo de la planta y la fijación de la dosis óptima de N que permite el mejoramiento del rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron que los mayores rendimientos y N extraído por los tubérculos se encontraron con las disponibilidades más elevadas de N (200 kg/ha). El cálculo del coeficiente del uso aparente de N mostró una baja eficiencia del uso de este nutriente. Con base en el método de la balanza de suministro, la concentración de los nitratos en profundidad fue alta. El software MABIA-Región fue útil para medir la pérdida de nitratos por drenaje.

**Palabras clave:** Método de la balanza de suministro, N extraído, rendimiento, *Solanum tuberosum* L., sistema de explotación tunecino, software MABIA-región.

### Abstract

In Tunisia, nitrogen fertilization of potato combines the use of mineral fertilizers with high doses of N without reaching expected yield. In order to improve the system productivity of tunisian exploitation, an experiment was conducted at the Technical Center of Potato and Artichoke (CTPTA) Saida - Manouba. Three N treatments (0, 50 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) and three varieties of potato (Spunta, Bellini and Atlas) were used. The aim of this study was to evaluate the efficiency of N use in Tunisian agricultural condition of potato crop as of determining the effect of different doses of N on the parameters of growth and development of potato crop, and fixing the optimal dose of N which allows the improvement of potato crop yield. Results indicated that higher yields and N extracted by tubers were determined with the highest N availability. The calculation of the coefficient of apparent use of N indicated low N use efficiency due to limited N availability. Based on the balance method, the concentration of nitrates in depth was high. The software Mabia-Région showed nitrate the loss of by drainage.

**Keywords:** Balance method, N extracted, software Mabia-Région, Tunisian exploitation system, *Solanum tuberosum* L., yield.

## Introducción

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para el crecimiento y el desarrollo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Su disponibilidad en el suelo en dosis suficientes promueve la organogénesis y el control del crecimiento del follaje y favorece la producción de tubérculos de mayor tamaño (Echeverría, 2005). Sin embargo, la disponibilidad como resultado de la aplicación de N en dosis excesivas produce un retraso en la tuberización, un desarrollo excesivo de la parte aérea y un aumento de la concentración de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas (Goffart *et al.*, 2008).

En Túnez la fertilización nitrogenada conjuga la utilización de fertilizantes orgánicos y minerales con dosis altas, que superan las necesidades de la papa, sin conseguir los rendimientos esperados (Centre Technique de la Pomme de terre et de l'Artichaut, 2007). Para mejorar la productividad del sistema de explotación tunecino y ajustar las dosis de N aportadas al suelo a las necesidades del cultivo, se realizó un experimento en el Centro Técnico de la Papa y de la Alcachofa (CTPTA) Saïda - Manouba. El objetivo de este trabajo fue la evaluación de la eficiencia de uso de N en las condiciones agronómicas tunecinas de cultivo de papa a partir de la determinación del efecto de distintas dosis de N sobre los parámetros de crecimiento y de desarrollo de variedades precoces: Spunta y Bellini, y de la variedad tardía Atlas; además de la fijación de la dosis óptima de N que permite el mejoramiento del rendimiento del cultivo.

## Materiales y métodos

### Características de clima y suelo

El ensayo se realizó entre marzo y junio de 2009 en el Centro Técnico de la Papa y de la Alcachofa, en la provincia de Manouba (37° N, 10° E) a 238 m.s.n.m. La temperatura máxima varió durante de abril y mayo entre 14.6°C y 35.49 °C, con un promedio de 25.91°C; mientras que la temperatura mínima varió entre 6.61 °C y 18.81 °C. La precipitación al comienzo del ciclo de cultivo fue aproximadamente de 340 mm.

Para el análisis físico-químico del suelo se tomaron muestras entre 0 y 60 cm de profundidad en cada horizonte de 20 cm, en suelos principalmente de texturas limo-arcillosa, según el Manual de Agricultura de los Estados Unidos (Richer de Forges *et al.*, 2008). Los contenidos de materia orgánica fueron analizados según los métodos Walkley et Black y el N por Kjeldahl (Bremner, 1965), encontrando valores de 2.40% para el primero y de 1.40 g/kg para el segundo. El pH

en el suelo experimental era de 8.3 y la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) de 28 mol/kg de suelo por el método de Bower (Saidi *et al.*, 2008). El nivel de fósforo (P) disponible, según el método Olsen usando el bicarbonato reactivo, era de 74 mg/kg de suelo, y el de potasio (K) intercambiable, según el método de extracción por percolación al acetato de amonio (NH<sub>4</sub>OAc), era de 880 mg/kg de suelo.

### Aplicación de fertilizantes

La aplicación inicial de N en el suelo se hizo el 01-04-2009, 29 días después de la siembra (DDS) y continuó en forma semanal hasta el 27-05-2009 (86 DDS). El N fue aplicado en forma de ferti-rigación utilizando como fuente nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 33.5% N). Para satisfacer las necesidades de P y K del cultivo de la papa se añadieron al suelo durante el ciclo de cultivo ácido fosfórico (50% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, densidad 1.50) y sulfato de potasio (50% K<sub>2</sub>O).

Las dosis de N según los tratamientos de N50 y N200 fueron distribuidas siguiendo los protocolos establecidos en el calendario de ferti-rigación establecido por el Centro Técnico de la Papa y de la Alcachofa. Para satisfacer las necesidades del cultivo por P y K se hicieron aplicaciones de 200 lt/ha de ácido fosfórico y 720 kg/ha de 'solupotasse' (50% K<sub>2</sub>O), por tratamiento de N. Las dosis de N fueron aplicadas de acuerdo con los estados de desarrollo del cultivo (crecimiento vegetativo, formación de los tubérculos y tubérculos maduros) que se extienden durante un período de 10 semanas. Sesenta por ciento de los requerimientos de N-P-K del cultivo fueron cubiertos en el estado de crecimiento vegetativo que tiene una duración de 4 semanas, 20% durante el estado de formación de los tubérculos de 2 semanas y el 20% restante durante 4 semanas finales del ciclo de cultivo.

### Material vegetal

Se usaron tres variedades de papa con ciclo de cultivo diferente: dos precoces (Spunta y Bellini) y una tardía (Atlas). La distribución del nitrógeno aplicado fue igual para todas las variedades, independientemente del ciclo de cultivo de la variedad.

### VARIABLES EVALUADAS

**Producción.** El rendimiento del cultivo fue determinado con base en peso fresco de los tubérculos cosechados en el último muestreo (01/06/2009). El N extraído (Bremner, 1965) por las plantas se midió en la parte aérea y los tubérculos y para ello las muestras de cada parte se mezclaron y homogenizaron después de secadas en horno a 75°C. La dosificación de N se hizo con sulfato

de hidrógeno ( $H_2SO_4$ ) usando un digestor seguido por destilación y una titración con cloruro de hidrógeno (HCl) 0.05 N (Bremner, 1965).

### Coefficiente de utilización aparente de N (CAU)

El coeficiente de utilización aparente de N se calculó según la fórmula de Schwartz *et al.* (2005):  $CAU = [(N_{trt} - N_0)/X] * 100$ , donde  $N_{trt}$  es la cantidad de N extraída por la planta a una dosis dada de X (kg/ha) y  $N_0$  es la cantidad de N extraída (kg/ha) por la planta a una dosis de N igual a cero y X es la cantidad de N (kg/ha) aplicada al suelo.

### Estimación de las pérdidas de N

Las pérdidas de N se calcularon usando el método de la balanza de suministro (Maynard *et al.*, 1996):  $P = (R_f - R_i) - Mn - X + B$ , donde P es la Cantidad de N perdida por diversos mecanismos (kg/ha);  $R_i$  es la cantidad de N (kg/ha) en el suelo medida al comienzo del ensayo;  $R_f$  es la cantidad de N (kg/ha) en el suelo medida al final del ensayo; Mn es la mineralización neta de N (kg/ha) del suelo considerada igual a la exportación de N por la planta entera en el caso del tratamiento testigo; X es la cantidad de N mineral (kg/ha) agregada al suelo; B: es la cantidad de N (kg/ha) extraída por la parte aérea, los tubérculos y las raíces de la papa;  $(R_f - R_i)$  es el residuo nitrogenado en el suelo (kg/ha).

### Contenido de nitratos en el suelo

La estimación de nitrato ( $NO_3^-$ ) en el suelo se hizo sobre muestras tomadas cada 20 cm hasta una profundidad de 60 cm, utilizando KCl 1M como extractante. Después de la decantación y la filtración, las soluciones obtenidas fueron analizadas por el método Kjeldahl. El N mineral fue determinado en formas de nitrato ( $NO_3^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ) por destilación de la solución del suelo. Los contenidos de ambos compuestos se midieron después de la aplicación en el momento de la destilación de óxido de magnesio (MgO) e aleación de Devarda, respectivamente. La titración se hace mediante el cloruro de hidrógeno (HCl) de normalidad 5% (Bremner, 1965).

### Análisis estadístico

Los tratamientos para cada variedad fueron dispuestos en un diseño experimental bloques completamente aleatorizado con tres repeticiones y tres tratamientos de fertilización, empleando tres plantas por cada parcela experimental. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Statistix 9.0 (Softonic Internacional S.A., 2014). Las medias de tratamientos fueron comparadas mediante la prueba DMS ( $P < 0.05$ ) cuando el Anova fue significativo.

## Resultados

### Rendimiento y requerimientos de N

En la Tabla 1 se observa la variación de los rendimientos, las cantidades de N extraídas por los tubérculos y los índices agronómicos de necesidad de N de las variedades Spunta, Bellini y Atlas. El análisis estadístico mostró un efecto positivo ( $P < 0.05$ ) de la aplicación de N sobre los rendimientos. La aplicación de la dosis más alta de N (200/ha) incrementó los rendimientos de las variedades Spunta (37.6 t/ha) y Bellini (39 t/ha) en comparación con los lotes testigo; por el contrario, cuando se aplicaron las menores dosis de N (50 kg/ha), estas variedades presentan rendimientos bajos y similares al testigo, siendo de 21 y 22 t/ha de tubérculos, respectivamente. En el caso de la variedad Atlas, la aplicación de N no afectó ( $P > 0.05$ ) los rendimientos de tubérculos.

**Tabla 1.** Rendimiento, N extraído por los tubérculos e índice agronómico de necesidad de N de las variedades de papa Spunta, Bellini e Atlas

| Variedad | Tratamiento (N, kg/ha) | Rendimiento (t/ha) | N extraído por tubérculos (kg/ha) | Índice agronómico de necesidad de N (kg/t) |
|----------|------------------------|--------------------|-----------------------------------|--|
| Spunta   | 0                      | 21,17 ± 0,42 b*    | 20,45 ± 15,49 b                   | 0,97 ± 0,73 a                              |
|          | 50                     | 25,87 ± 0,15 b     | 37,50 ± 16,74 ab                  | 1,44 ± 0,61 a                              |
|          | 200                    | 37,64 ± 0,69 a     | 70,51 ± 36,03 a                   | 1,87 ± 0,87 a                              |
| Bellini  | 0                      | 22,32 ± 0,85 b     | 19,87 ± 9,46 b                    | 0,89 ± 0,43 a                              |
|          | 50                     | 28,88 ± 0,65 b     | 36,57 ± 7,66 ab                   | 1,32 ± 0,47 a                              |
|          | 200                    | 39,00 ± 0,35 a     | 61,18 ± 23,31 a                   | 1,63 ± 0,74 a                              |
| Atlas    | 0                      | 24,19 ± 0,47 a     | 23,90 ± 13,32 a                   | 0,96 ± 0,41 a                              |
|          | 50                     | 26,59 ± 0,80 a     | 36,89 ± 16,24 a                   | 1,38 ± 0,60 a                              |
|          | 200                    | 26,51 ± 0,43 a     | 46,91 ± 11,83 a                   | 1,76 ± 0,18 a                              |

\* Valores en la misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ( $P > 0.05$ ).

La extracción de N en la cosecha mostró un efecto positivo de la dosis de N más alta, con valores de 70.51 kg/ha para la variedad Spunta y de 61.18 kg/ha para Bellini, cuando se aplicaron 200 kg/ha de N. En la variedad Atlas las extracciones de N fueron similares ( $P > 0.05$ ) para los distintos tratamientos.

Los índices agronómicos de necesidad de N (kg de N absorbidos/t de tubérculo producido) en las variedades mostraron rangos diferentes, siendo más altos en la medida que la dosis de N aplicada fue mayor (Tabla 1) El análisis estadístico mostró que los requerimientos de las variedades Spunta, Bellini e Atlas son independientes ( $P > 0.05$ ) del nivel de N aplicado en el suelo.

## Coeficientes de uso aparente (CAU) y pérdidas de N

Los CAU fueron bajos en el caso del tratamiento 50 kg/ha de N (Tabla 2), siendo estos de 7, 12 y 19% para las variedades Spunta, Bellini y Atlas, respectivamente. Con la aplicación de 200 kg/ha de N sólo en el caso de la variedad Spunta este parámetro aumentó hasta 15%, mientras que en las variedades Bellini y Atlas no se observaron incrementos significativos ( $P > 0.05$ )

**Tabla 2.** Variación del coeficiente de uso aparente de N (CAU) y pérdida de N, para tres variedades de papa y tres dosis de nitrógeno

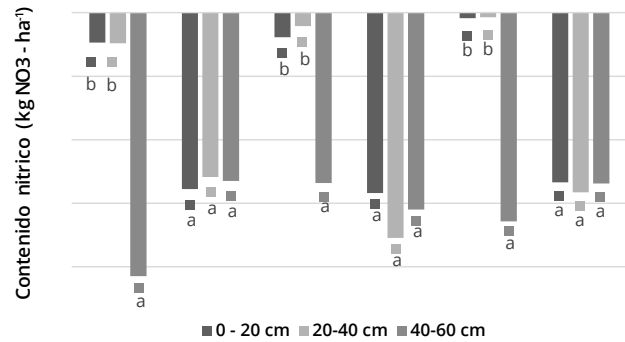
| Variedad | Tratamiento (N, kg/ha) | CAU (%)         | Pérdidas (N, kg/ha) |
|----------|------------------------|-----------------|---------------------|
|          | 0                      | -               | 06.49 ± 42.49 c     |
| Spunta   | 50                     | 07.30 ± 13.11 a | 154.40 ± 17.37 b    |
|          | 200                    | 15.31 ± 16.13 a | 293.10 ± 11.01 a    |
|          | 0                      | —               | 57.80 ± 10.18 c     |
| Bellini  | 50                     | 12.20 ± 17.07 a | 134.75 ± 31.73 b    |
|          | 200                    | 11.09 ± 10.40 a | 303.14 ± 21.83 a    |
|          | 0                      | —               | 35.41 ± 31.25 c     |
| Atlas    | 50                     | 18.81 ± 09.44 a | 155.80 ± 41.66 b    |
|          | 200                    | 10.17 ± 05.84 a | 283.76 ± 17.52 a    |

\* Valores en la misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ( $P > 0.05$ ).

Los valores bajos de CAU encontrados indican una baja eficiencia en el uso de N por las plantas, como se comprueba por las elevadas pérdidas de N en el balance de este nutriente. En efecto, los valores de CAU relativos al tratamiento 200 kg/ha de N fueron de 15, 11 y 10 kg/ha para las mismas variedades, siendo este tratamiento en el cual ocurrieron las mayores pérdidas de N (Tabla 2).

## Residuos de nitratos en el suelo

Los residuos de nitratos en el suelo aumentaron entre el comienzo (*Ri*) (8 DDS) y el final (*Rf*) (65 DDP) de los ciclos de cultivo de las variedades (Figura 1), con efecto ( $P < 0.05$ ) de las profundidades en el suelo. Ocho días después de la siembra, los residuos nítricos (*Ri*) se encontraban concentrados entre 40 y 60 cm. Los valores *Ri* en las distintas parcelas de cultivo de las variedades Spunta, Bellini y Atlas eran de 19.93, 10.73 y 13.14 kg/ha de nitrato, respectivamente. Entre 0 - 20 y 20 - 40 cm los valores fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre las parcelas. Al finalizar el ciclo de cultivo los residuos de nitratos (*Rf*) fueron similares ( $P > 0.05$ ) en todas las profundidades (Figura 1).



**Figura 1.** Contenidos nítricos en el suelo entre el comienzo (*Ri*) y el final (*Rf*) de los ciclos de cultivo de papa variedades Spunta, Bellini y Atlas, a las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Letras diferentes indican diferencias significativas (LSD,  $P < 0.05$ ).

## Discusión

### Producción de papa

La deficiencia de N en el momento de tuberización afecta de manera significativa el rendimiento del cultivo; por otra parte, dosis excesivas de este nutriente pueden ocasionar contaminación de las aguas subterráneas y un excesivo desarrollo foliar. En este trabajo los mayores rendimientos de tubérculos y la mayor extracción de N se encontraron con la dosis más alta (200 kg/ha) lo que coincide con los resultados encontrados por Tekalign y Hammes (2005). Las variedades Spunta y Bellini fueron las más eficientes en la producción de tubérculos y en la distribución de N hacia la producción de tubérculos. Los índices agronómicos de necesidad de N en este experimento fueron bajos, si se comparan con los valores de N entre 2.10 y 2.33 kg/t de tubérculos obtenidos por Gómez-Sánchez (2012).

### Coeficientes de uso aparente (CAU) y pérdidas de N

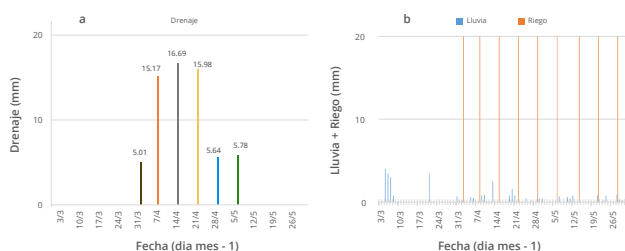
Los CAU obtenidos en este experimento son muy bajos si se comparan con el valor propuesto (50%) por Goffart *et al.* (2002). Landry y Boivin (2011) atribuyen la baja eficiencia de uso de N a una escasa disponibilidad de este nutriente en la zona de desarrollo del sistema radicular. Los resultados mostraron una proporcionalidad entre la cantidad de N aplicada y la cantidad perdida. Según Kafkafi y Tarchitzky (2012) la aplicación de dosis altas de N ocasiona altas pérdidas de N en las zonas de riego. Olasolo *et al.* (2007) recomiendan que para una correcta planificación de la fertilización es necesario tener en cuenta la cantidad de N extraída por el cultivo, el N mineral inicial en agua de riego y el resultante de la propia mineralización que ocurre en el suelo.

## Estados de nitratos en el suelo

La variabilidad de nitratos al comienzo del ensayo (8 DDS) entre la superficie del suelo y la zona más profunda (40 - 60 cm) fue el resultado de la fertilización orgánica aplicada previamente a la siembra. De acuerdo con las condiciones de clima caracterizadas por la presencia de lluvias y el bajo consumo de N por el cultivo, era de esperar que los nitratos se acumularan en los estratos inferiores del suelo, como se observó al final del ciclo de cultivo.

Para determinar la forma de pérdida de  $\text{NO}_3^-$  en el suelo se utilizó el software MABIA-Región establecido por Jabloun y Sahli (2009), con el cual es posible calcular los diferentes términos del balance hídrico diario. Los datos de entrada en el software son: (1) de clima (ETo, humedad relativa mínima, velocidad del viento y precipitaciones), (2) de suelo (contenidos hídricos característicos del suelo ( $\theta_{sat}$ ,  $\theta_{cc}$ ,  $\theta_{pfp}$ ), (3) de cultivo (duración de las fases de cultivo, coeficientes de cultivo  $K_{cb}$  durante cada fase de cultivo, altura máxima y profundidad de enraizamiento), y (4) el sistema de riego (fracción húmeda del suelo y eficiencia de riego). Los datos de salida de MABIA-Región sirven para representar la evolución en el tiempo del drenaje ( $D$ ), la escorrentía ( $R$ ), la evapotranspiración máxima ( $ET_c$ ) y el consumo real de agua del cultivo ( $ET_a$ ).

En el presente estudio la mayor precipitación se registró 3 días antes la medición del agua residual inicial en el suelo (Figura 2b). El agua de riego fue constante y menor que 33 mm por aplicación (Figura 2b) con movimiento de agua hacia la zona profunda del suelo (60 cm) lo que coincidió con las mayores precipitaciones. En los días 8, 15 y 22 de abril, el MABIA-Región registró las mayores cantidades de agua perdidas por drenaje debidas a las lluvias antes y después del riego (Figura 2a). Arregui y Quemada (2006) consideran que el drenaje es uno de los principales factores que determinan la lixiviación de nitratos.



**Figura 2.** Estado hídrico de los suelos con cultivo de las variedades de papa Spunta, Bellini y Atlas

a: Volumen de agua perdida por drenaje, b: volumen de agua de lluvia y riego.

## Conclusiones

El mejoramiento de la eficiencia del uso de N por el cultivo de papa implica una reducción en las pérdidas de este elemento y un incremento en su absorción, lo que repercute proporcionalmente en el retorno económico. Los resultados obtenidos indican que la papa cultivada en la zona semi-árida de Túnez presenta una baja eficiencia de uso del nitrógeno debido a las pérdidas por drenaje.

Para incrementar la eficiencia de uso de N es necesario disponer de programas de fertilización adecuados y aplicar riego frecuente con dosis bajas de N. Lo anterior unido al desarrollo genética de variedades capaces de utilizar N con mayor eficiencia.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar sus sinceros agradecimientos a D. Jabrane Chrigui, técnico del laboratorio de "Productions Fourragères et Pastorales" del Instituto Nacional Agronómico de Túnez por la ayuda en los análisis de nitrógeno.

## Referencias

- Arregui, L. M.; y Quemada, M. 2006. Drainage and nitrate leaching in a crop rotation under different N-fertilizer strategies: application of capacitance probes. *Plant Soil* 288(1-2):57 - 69.
- Bremner, J. M. 1965. *Total nitrogen methods of soil analysis*. En: C.A. Black (ed.). Part 2. *Agronomy* (9) 1149-1176. Paris, Francia, Edition INRA
- Briffaux, G.; Laurent, F.; Castillon, P.; y Gate, P. 2005. *Fertilisation azotée du blé tendre d'hiver*. 30 p. Paris, France, Arvalis-Institut du végétal.
- Centre Technique de la Pomme de terre et de l'Artichaut. 2007. Importance de l'eau dans le cycle de la pomme de terre. *Les bulletins du Centre Technique de la Pomme de Terre et de l'Artichaut. Tunisie*. En <http://www.ctpt.com.tn>
- Echeverria, H. E. 2005. *Papa. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. En: Echeverria, H. E.; y Garcia, F.O (eds.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. Argentina. p. 365 - 378.
- Goffart, J. P.; Olivier, M.; Destain, J. P.; y Frankinet, M. 2002. *Stratégie de la fertilisation azotée de la pomme de terre de consommation*. Centre d'étude de la pomme de terre. 118 p. Belgique : Centre de Recherche Agronomique de Gembloux.
- Goffart, J. P.; Olivier, M.; y Frankinet, M. 2008. Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency. *Past-Present-Future. Potato Res.* 51:355 - 383.
- Gómez-Sánchez, M. I. 2012. *Absorción, extracción y requerimientos nutricionales en el cultivo de papa en la planicie Cundiboyacense*. Avances de la investigación Fedepapa, Pepsico, Paac - Ingeplant sobre curvas de absorción, requerimientos nutricionales y manejo eficiente de la nutrición en Papa. Federación Colombiana de Productores de Papa (Fedepapa). 4 p.

- Jabloun, M. y Sahli, A. 2009. MABIA-Region Software for Irrigation Water Management. Institut National Agronomique de Tunisie. Version 2.0/
- Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. 2012. *Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua*. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza. p. 32 – 43.
- Landry, C. y Boivin, C. 2011. *Irrigation: taux d'utilisation de l'azote des engrais et pertes de nitrates. Colloque sur la pomme de terre*. Québec, Canada, IRDA. 6 p.
- Meynard, J. M.; Justes, E.; Machet, J M.; y Recours, S. 1996. *Fertilisation azotée des cultures annuelles de plein champ. Maitrise de l'azote dans les agro systèmes*. Reims, France. Colloques de l'INRA. Paris, France, INRA Editions. p. 183 – 199.
- Olasolo, L.; Vázquez, N.; Suso, M.L.; y Pardo, A. 2007. *Balance de agua y nitrógeno en una rotación de papa-cereal en la comarca de la Rioja Alta*. En : J.V. Giráldez Cervera y F.J. Jiménez Hornero (eds.). *Estudios de la zona no saturada del suelo*. 8:285 - 288.
- Richer de Forges, A.; Feller, C.; Jamagne, M.; y Arrouays, D. 2008. Perdue dans le triangle des textures. *Étude et Gestion des sols* 15(2):97 - 111.
- Rodríguez, J. J. y Garnica, J. J. 2009. *Guía de cultivo: papa en aspersión*. Itg Agrícola p. 41-42. En <http://www.itga.com/docs/Fichascultivo/fipapa.pdf>
- Saidi, D.; Le Bissonnais, Y.; Duval, O.; Daoud, Y.; y Tessier D. 2008. Estimation et signification de la capacité d'échange cationique des sols salés du Cheliff (Algérie). *Etude et Gestion des Sols* 15(4):241 - 253.
- Statistix9. 2014. <http://statistix.software.informer.com/9.0/> Software Informer Technologies, Inc. Analytical Software PO Box 12185 Tallahassee, Florida.
- Schvartz, C.; Muller, J. C.; y Decroux, J. 2005. *Guide de la fertilisation raisonnée: Grandes cultures et prairies*. Editions France Agricole. 414 p.
- Tekalign, T. y Hammes, P. S. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Sci. Hort.* 105:29 - 44.