

EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN VARIEDADES DE PAPA PARA INDUSTRIA CULTIVADAS EN EL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

CLAUDIA MARCELA GILETTO¹; JORGE EDGARDO RATTÍN¹; HERNÁN EDUARDO ECHEVERRÍA¹ & DANIEL OSMAR CALDIZ²

¹Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce. Ruta 226 km 73,5. CC 276 (B7620EMA) Balcarce, Buenos Aires. Argentina. Correo electrónico: hecheverr@balcarce.inta.gov.ar.

²División Agronomía, McCain Argentina SA. Ruta 226 km 61,5. (B7620EMA) Balcarce, Buenos Aires. Argentina. Correo electrónico: dcaldiz@mccain.com.ar

Recibido: 20/12/06

Aceptado: 14/05/07

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la eficiencia de utilización del N (EUN), la eficiencia fisiológica (EFN) y la eficiencia agronómica de uso del N (EAN) en las variedades Innovator, Russet Burbank, Bannock Russet y Gem Russet bajo disponibilidades de N de 235, 311, 383 y 407 kg N ha⁻¹. Innovator y Russet Burbank fueron las variedades que presentaron la mayor EAN (175,1 y 175,5 kg de tubérculo kg N⁻¹; respectivamente) y a su vez las que presentaron una mejor respuesta al agregado de N. Innovator presentó mayor requerimiento de N que Russet Burbank; en tanto que Bannock Russet y Gem Russet presentaron menor EAN (147,5 y 135,6 kg tubérculos kg N⁻¹; respectivamente), no respondiendo al agregado de N en cuanto a la producción de tubérculos. La menor EAN en Bannock Russet se debió a la menor EUN, pero en Gem Russet fue consecuencia de una menor EFN. Sin embargo, dado que estas últimas dos variedades poseen tubérculos con mejor calidad industrial que Russet Burbank, es de interés recabar mayor información respecto a sus requerimientos y estrategias de manejo.

Palabras clave. Nitrógeno, eficiencia de utilización, eficiencia fisiológica y eficiencia agronómica, papa para industria.

NITROGEN USE EFFICIENCY IN POTATO PROCESSING VARIETIES GROWN IN THE SOUTHEAST OF BUENOS AIRES PROVINCE

ABSTRACT

The purpose of this work was to determine nitrogen utilization efficiency (NUE), nitrogen physiological efficiency (NPE) and nitrogen agronomic efficiency (NAE) in contrasting potato varieties Innovator, Russet Burbank, Bannock Russet and Gem Russet with different nitrogen availability (235, 311, 383 and 407 kg N ha⁻¹). Innovator and Russet Burbank showed greater NAE (175,1 and 175,5 kg of tuber kg N⁻¹) and their response to applied N was higher than in other cultivars. Innovator required more nitrogen than Russet Burbank, while Bannock Russet and Gem Russet showed a lower NAE (147,5 and 135,6 kg of tuber kg N⁻¹) and they did not respond to the applied nitrogen to produce tuber. Bannock Russet showed a lower NAE as a consequence of its low NUE but Gem Russet presented a low NAE as a consequence of its low NPE. However, both cultivars showed a higher processing quality than Russet Burbank. Then, due to this reason Russet Burbank is being replaced by these cultivars.

Key words. Nitrogen, utilization efficiency, physiological efficiency and agronomic efficiency, industrial potatoes.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es el nutriente con mayor impacto sobre el rendimiento y la calidad de los tubérculos de papa. Si el nivel de N es insuficiente disminuye la producción de materia seca total y se acorta el ciclo del cultivo por la senescencia prematura del follaje. Si la disponibilidad de N es elevada, se retrasa el inicio de la tuberización,

se reduce el índice de cosecha y el rendimiento; por otra parte la calidad también se ve afectada al disminuir el porcentaje de materia seca de los tubérculos (Millard & Marshall, 1986; Porter & Sisson, 1991; Saluzzo *et al.*, 1999; Giletto, *et al.*, 2003; Love *et al.*, 2005). Por lo tanto, para adecuar las recomendaciones de fertilización a diferentes variedades es necesario conocer el patrón de absor-

ción, acumulación y traslocación de N a los tubérculos. En general, las variedades de ciclo corto poseen mayor índice de cosecha de N y mayor respuesta a la fertilización nitrogenada que las de ciclo largo. Además estas últimas variedades se caracterizan por mantener elevado los niveles de N en la porción aérea de la planta por un período mayor de tiempo (Kleinkopf *et al.*, 1981; Saluzzo *et al.*, 1999). Las características fisiológicas propias de cada variedad también podrán indicar diferencias en la eficiencia agronómica de uso del N (EAN) y en sus componentes. Para analizar esto es necesario cuantificar las eficiencias que describen la utilización (EUN) y la fisiológica del N (EFN). La EUN pone de manifiesto la capacidad de la planta en absorber el N del suelo y depende de las propiedades de la raíz, como la distribución en el suelo, el área superficial y el consumo por unidad de área (Novoa *et al.*, 1981; Sattelmancher *et al.*, 1990). La EFN pone de manifiesto la capacidad de la planta en asimilar el N absorbido para producir materia seca total o de tubérculos y muestra el efecto del genotipo sobre la partición de carbohidratos, la reducción de nitrato y la removilización de proteínas desde los tejidos senescentes hacia los tejidos de transporte y de almacenamiento (Novoa *et al.*, 1981).

Las variedades de mayor difusión en el sudeste de Buenos Aires, destinadas al procesamiento industrial son Innovator y Russet Burbank. La primera es de ciclo más corto, tiene mayor requerimiento de N y tubérculos de mejor calidad que la segunda. Russet Burbank, si bien posee excelente almacenabilidad, puede presentar un alto nivel de *puntas de azúcar*, un defecto que se genera bajo condiciones de estrés y que desmerecen la calidad de los tubérculos (Caldiz, 2003). Esto ha generado que en los últimos años la industria haya reemplazado a Russet Burbank por Bannock Russet y Gem Russet, variedades que poseen características y atributos para el procesamiento superiores a la tradicional Russet Burbank. Investigaciones realizadas en Idaho USA, por Bohl *et al.* (2005), determinaron que Bannock Russet posee menor requerimiento de N que Russet Burbank. En tanto que Love *et al.* (2005) establecieron que Gem Russet tiene mayor requerimiento de N que Russet Burbank y responde mejor que ésta a la aplicación temprana de N. Además, Love *et al.* (2002) determinaron que Gem Russet tiene un ciclo más corto que Russet Burbank y en consecuencia el rendimiento de la primera sería menor al de la segunda, en zonas de larga estación de crecimiento. En este trabajo se plantea como hipótesis que existe variabilidad entre las variedades de papa para industria en la EAN. Para poner a prueba esta hipótesis se definen como objetivos determinar la EFN y EUN en cuatro variedades de papa para industria ante distinto aporte de N. La información

generada podrá ser utilizada para llevar a cabo un manejo más eficiente de la fertilización nitrogenada en cada variedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en el campo experimental de Mc Cain Argentina, ubicado en Balcarce (37° 45' S; 58° 18' W, 130 m s.n.m.) provincia de Buenos Aires, durante 2003-2004. La plantación se realizó el 24 de octubre de 2003 sobre un suelo Argiudol típico sin limitaciones en su capacidad de uso, con pH 5,7 y contenido de materia orgánica (MO) (Walkley & Black, 1934) de 46 g kg⁻¹. A la plantación, el fósforo disponible (Bray & Kurtz, 1945) hasta los 20 cm de profundidad fue de 21,1 mg kg⁻¹ y el nitrógeno disponible (Jackson, 1964) hasta los 40 cm de profundidad fue de 54,7 kg ha⁻¹. El nitrógeno liberado por mineralización (Echeverría & Bergonzi, 1995) durante la campaña agrícola fue estimado en 150 kg N ha⁻¹. La preparación de la cama de siembra se realizó según la modalidad de los productores de la zona, utilizando cincel, rastra de disco y vibrocultivador. Se empleó una plantadora de 2 surcos a 0,85 m entre surco y una densidad promedio de 5 cortes m⁻¹ lineal. En ese momento se adicionaron 150 kg ha⁻¹ de superfosfato triple de calcio (0-20-0) para asegurar que el P no limitara el crecimiento del cultivo. Para asegurar el suministro hídrico, se regó con equipo de avance frontal entre el 11 de noviembre y el 25 de marzo. El control de enfermedades e insectos se realizó mediante aplicaciones de productos específicos y el control de malezas se llevó a cabo mediante métodos químicos y mecánicos. Se evaluaron las variedades Innovator y Gem Russet (120 días), Russet Burbank y Bannock Russet (140 días). Las unidades experimentales consistieron en parcelas de 12 surcos a 0,85 m por 14 m de largo. El diseño experimental para cada variedad fue en bloques completamente aleatorizado con tres repeticiones y cuatro tratamientos de fertilización, los que resultaron de la aplicación creciente de N en diferentes etapas del ciclo (Tabla 1).

Para determinar la cantidad de N acumulado en la planta (NTpl) se realizaron cuatro muestreos, en una planta por repetición. Las fechas de muestreo fueron: 10/12, 24/12, 7/1, 22/1 y 10/2, correspondiendo a 45, 60, 75, 90 y 110 días después de plantación (DDP). Posteriormente, a cada muestra se la separó en tubérculos y resto de la planta y se pesó en fresco y en seco. Para esto último, las dos fracciones de la planta fueron llevadas a estufa a 60 °C hasta peso constante. Cada una de ellas fue molida y utilizada para la determinación de N total por el método de Kjeldhal (Nelson & Sommers, 1973). A la madurez del cultivo, a los 139 DDP (11/3), se cosecharon en forma manual dos metros de los cinco surcos centrales de cada repetición y se realizaron estimaciones del rendimiento total en peso fresco. Al mismo tiempo se seleccionaron al azar 5 kg de tubérculos de cada repetición para determinar el porcentaje de materia seca (MS) por el método gravimétrico y el N total por el método de Kjeldhal (N_{tub}) (Nelson & Sommers, 1973). Se calculó el índice de cosecha de N (ICN) como la relación entre la cantidad de N_{tub} (kg ha⁻¹) y la máxima cantidad de NTpl (kg ha⁻¹).

La eficiencia agronómica de uso del N para producir tubérculos (tub) (EAN) (kg tub kg N⁻¹) se estableció para cada tratamiento y variedad, teniendo en cuenta la eficiencia de utilización del N (EUN) (kg NTpl kg N⁻¹) y la eficiencia fisiológica del N para

Tabla 1. Momento, forma y dosis de aplicación de nitrógeno para cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). DDP: días después de la plantación.

Table 1. Time, type and dose of applied nitrogen in the treatments (T1, T2, T3 and T4). DAP: days after the planting.

Momento y forma de aplicación	Dosis de N			
	T1	T2	T3	T4
kg ha ⁻¹			
Preplantación al voleo		42	85	75
Plantación en banda	31	28	50	60
Inicio de tuberización al voleo (51 DDP)		36	36	52
Tubérculo 5 cm al voleo (70 DDP)			8	16
Total	31	106	179	203

producir tubérculos (EFN) (kg tub kg NTpl⁻¹), según lo propuesto por Novoa *et al.* (1981):

$$EAN = EUN \times EFN$$

La EUN se calculó como la relación entre la máxima cantidad de NTpl (kg ha⁻¹) y la cantidad de N disponible en el suelo (a la plantación más el mineralizado durante el ciclo) más el del fertilizante (kg ha⁻¹). La EFN se calculó como la relación entre el rendimiento de tubérculos (kg ha⁻¹) y la máxima cantidad de NTpl (kg ha⁻¹).

Se relacionó, en cada variedad, el rendimiento de tubérculos con la EAN, la EFN y la EUN.

Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa Statal Analysis Systems (SAS) (SAS, Institute, 1985). Las medias de tratamientos fueron comparadas mediante la prueba DMS ($p < 0,05$) cuando el ANOVA fue significativo.

RESULTADOS

La mayor acumulación de NTpl se determinó en Innovator y Gem Russet (232 y 225 kg N ha⁻¹ en promedio; respectivamente) a los 75 DDP y la menor en Russet Burbank y Bannock Russet (200 y 166 kg N ha⁻¹ en promedio; respectivamente) (Figura 1). Los tratamientos tendieron a ordenarse en función a la disponibilidad de N, T4 presentó el mayor NTpl, T1 el menor y los otros dos tratamientos se ubicaron en posición intermedia.

En Innovator los máximos rendimientos fueron obtenidos con T3 y T4 (59,4 y 61,0 Mg ha⁻¹; respectivamente)

y en Russet Burbank con T2 y T3 (59,4 y 57,0 Mg ha⁻¹; respectivamente) (Tabla 2). Por el contrario, en Gem Russet y Bannock Russet, no se determinó respuesta a la fertilización, obteniéndose en promedio 43,7 y 47,4 Mg ha⁻¹, respectivamente.

La MS en los tubérculos fue superior al 18% en las cuatro variedades, siendo ligeramente superior en Bannock Russet (19,8%) y Gem Russet (19,9%). Al aumentar la disponibilidad de N disminuyó la MS en los tubérculos, siendo T1 sólo diferente significativamente del resto de los tratamientos en Innovator y Russet Burbank (Tabla 2).

La cantidad de N tub promedio fue mayor en Innovator y Russet Burbank (125,9 y 124,1 kg N ha⁻¹; respectivamente) y menor en Gem Russet y Bannock Russet (98,4 y 96,2 kg N ha⁻¹; respectivamente). La cantidad de N tub aumentó con la disponibilidad de N, determinándose diferencias significativas entre los tratamientos sólo en Innovator y Russet Burbank (Tabla 2).

El ICN fue mayor en Russet Burbank y Bannock Russet (65 y 60%; respectivamente) y menor en Innovator y Gem Russet (58 y 46%; respectivamente). El incremento de la oferta de N en general disminuyó el ICN. A pesar de esta tendencia, no se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos para cada una de las variedades evaluadas (Tabla 2).

Las variedades de papa variaron en NTpl, rendimiento, MS de tubérculos e ICN en respuesta al incremento de N. Estos resultados sugieren que estos materiales tendrían diferente eficiencia en tomar el N del suelo (EUN), en utilizar el NTpl (EFN) y por lo tanto en la EAN.

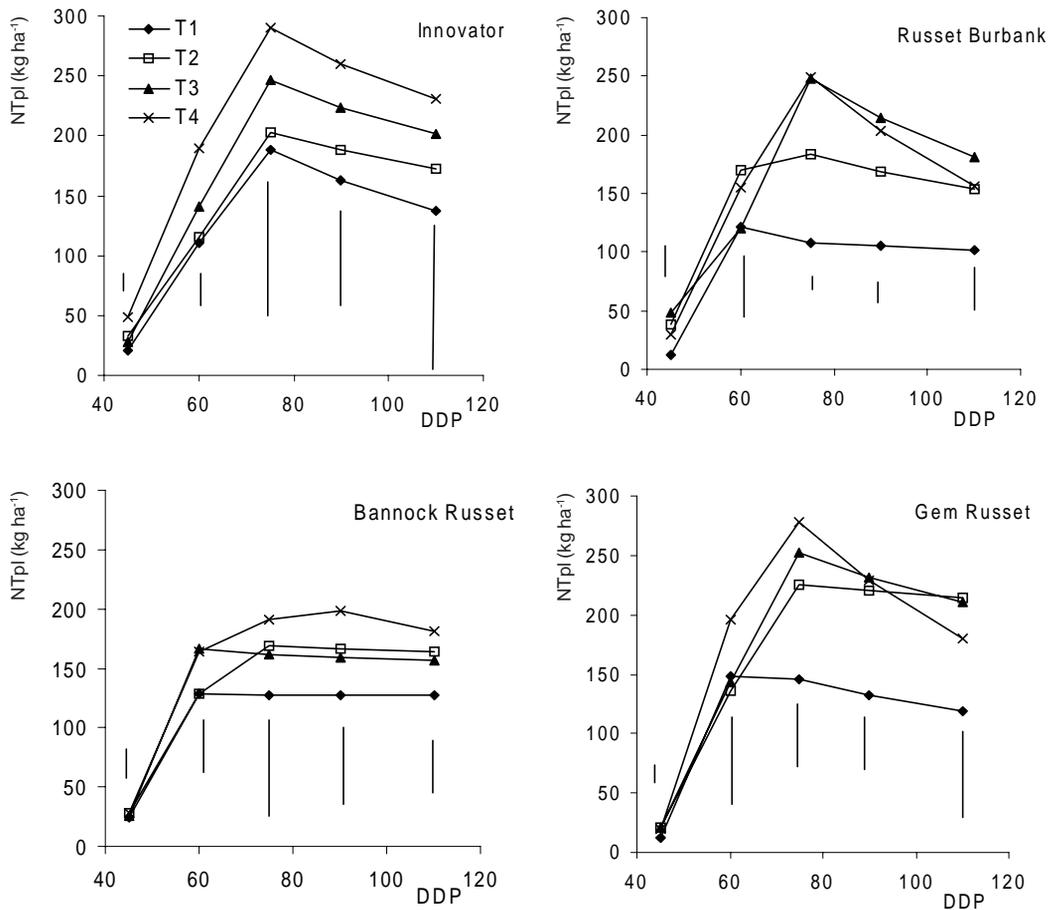


Figura 1. Evolución del nitrógeno total en planta (NTpl) para cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4) y variedad (Innovator, Russet Burbank, Bannock Russet y Gem Russet). Las líneas verticales indican diferencias mínimas significativas (test DMS, $p < 0,05$). T1: 235 kg N ha⁻¹; T2: 311 kg N ha⁻¹; T3: 383 kg N ha⁻¹ y T4: 407 kg N ha⁻¹. DDP: días después de la plantación.

Figure 1. Evolution of nitrogen in plant (NTpl) for each treatments (T1, T2, T3 y T4) and variety (Innovator, Russet Burbank, Bannock Russet y Gem Russet). The verticals lines showed least significant differences (test LSD, $p < 0,05$). T1: 235 kg N ha⁻¹; T2: 311 kg N ha⁻¹; T3: 383 kg N ha⁻¹ y T4: 407 kg N ha⁻¹. DAP: days after planting.

La EUN (kg NTpl kg N⁻¹) promedio de todos los tratamientos, fue superior en Innovator (0,70) y Gem Russet (0,68) y menores en Russet Burbank (0,58) y Bannock Russet (0,51). La EUN no varió por efecto de la disponibilidad de N en las cuatro variedades (Figura 2).

La EFN (kg NTpl kg N⁻¹) promedio, fue superior en Russet Burbank y Bannock Russet (307,0 y 300,2; respectivamente) y menor en Innovator y Gem Russet (268,8 y 206,3; respectivamente). La disponibilidad de N sólo

afectó significativamente a la EFN en Russet Burbank y Gem Russet, determinándose los mayores valores en T1 (Figura 2).

La EAN (kg NTpl kg N⁻¹) independientemente de la disponibilidad de N, fue superior en Russet Burbank e Innovator (175,5 y 175,1; respectivamente) y menores en Bannock Russet y Gem Russet (147,5 y 135,6; respectivamente). Los valores disminuyeron significativamente con la disponibilidad de N.

Tabla 2. Rendimiento, materia seca (MS) y nitrógeno en los tubérculos (Ntub) e índice de cosecha de N (ICN) para cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4) y variedad (Innovator, Russet Burbank, Bannock Russet y Gem Russet). Las letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para cada variedad, según test DMS ($p < 0,05$).

Table 2. Yield tubers, tuber dry matters (DM) and tuber nitrogen (Ntub) and nitrogen harvest index (NHI) for each treatments (T1, T2, T3 y T4) and varieties (Innovator, Russet Burbank, Bannock Russet y Gem Russet). Somers letters indicate that there are not significant differences between the treatments for each varieties, according to test LSD ($p < 0,05$). T1: 235 kg N ha⁻¹; T2: 311 kg N ha⁻¹; T3: 383 kg N ha⁻¹ y T4: 407 kg N ha⁻¹.

Tratamiento	N disponible (kg ha ⁻¹)	INNOVATOR	RUSSET BURBANK	BANNOCK RUSSET	GEM RUSSET
		Rendimiento (Mg ha ⁻¹)			
T1	235	51,5 b	54,9 bc	45,7 a	41,5 a
T2	311	53,6 b	59,4 a	48,7 a	44,2 a
T3	383	59,4 a	57,0 ab	47,1 a	45,1 a
T4	407	61,0 a	52,3 c	47,9 a	44,0 a
Promedio		56,4	55,9	47,4	43,7
DS		27,6	28,6	23,6	21,8
MS en tubérculos (g 100 g ⁻¹)					
T1	235	19,8 a	20,8 a	20,2 a	20,9 a
T2	311	18,7 b	19,2 b	20,0 a	19,8 a
T3	383	18,4 b	18,9 bc	19,3 a	19,4 a
T4	407	18,6 b	18,7 c	19,7 a	19,4 a
Promedio		18,9	19,4	19,8	19,9
DS		0,63	0,96	0,38	0,70
Ntub (kg N ha ⁻¹)					
T1	235	100,8 b	89,1 b	70,8 a	81,2 a
T2	311	108,3 ab	139,1 a	96,3 a	90,7 a
T3	383	153,9 a	130,9 a	103,2 a	111,9 a
T4	407	140,5 ab	137,0 a	114,6 a	109,9 a
Promedio		125,9	124,1	96,2	98,4
DS		25,4	23,5	18,6	14,9
ICN (kg Ntub 100 kg NTpl ⁻¹)					
T1	235	64 a	75 a	58 a	58 a
T2	311	57 a	76 a	58 a	40 a
T3	383	63 a	53 a	64 a	44 a
T4	407	48 a	55 a	60 a	40 a
Promedio		58	65	60	46
DS		7	12	3	9

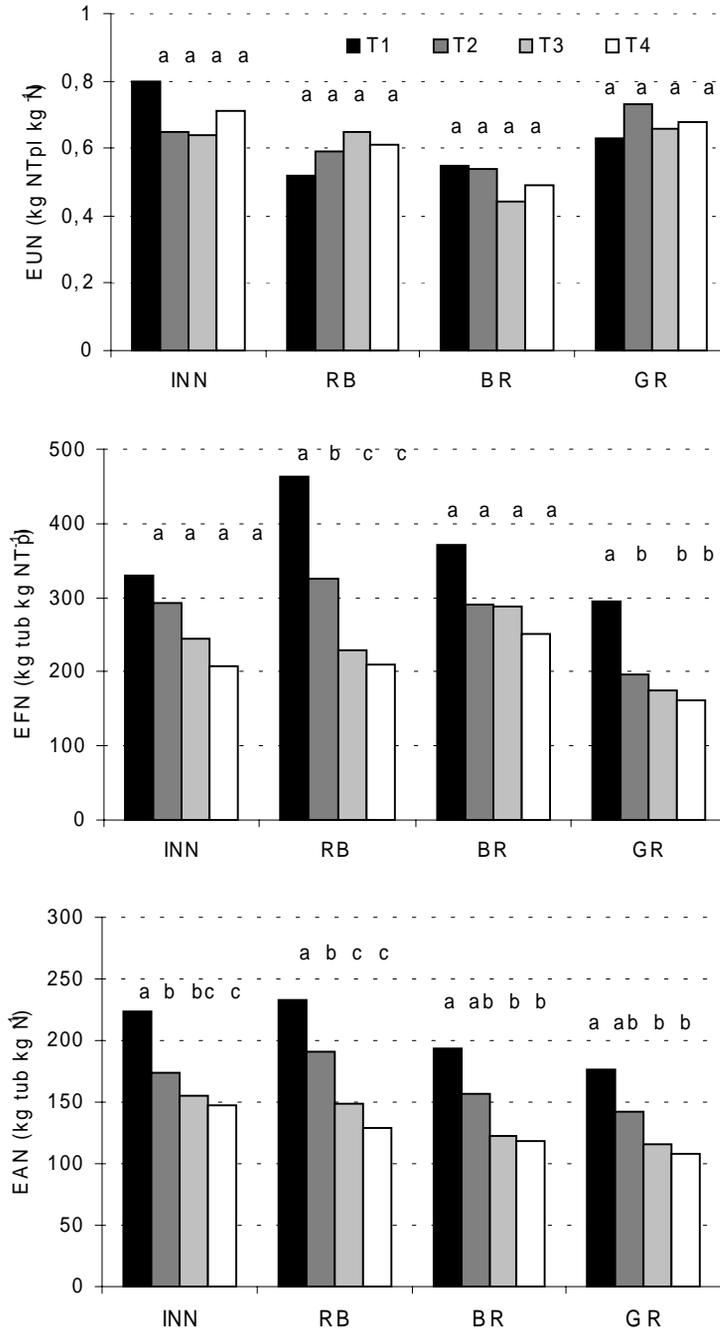


Figura 2: eficiencia de utilización del N (EUN), eficiencia fisiológica (EFN) y eficiencia agronómica de uso del N (EAN) para cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4) y variedad (Innovator-INN, Russet Burbank-RB, Bannock Russet-BR y Gem Russet-GR). T1: 235 kg N ha⁻¹; T2: 311 kg N ha⁻¹; T3: 383 kg N ha⁻¹ y T4: 407 kg N ha⁻¹. Las letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para cada variedad, según test DMS (p<0,05).

Figure 2: Nitrogen utilization efficiency (NUE), nitrogen physiological efficiency (NPE) and nitrogen agronomic efficiency (NAE) for each treatments (T1, T2, T3 y T4) and variety (Innovator-INN, Russet Burbank-RB, Bannock Russet-BR y Gem Russet-GR). T1: 235 kg N ha⁻¹; T2: 311 kg N ha⁻¹; T3: 383 kg N ha⁻¹ y T4: 407 kg N ha⁻¹. Somers letters indicate that there are not significant differences between the treatments for each variety, according to test LSD (p<0,05).

DISCUSIÓN

El NTpl aumentó a medida que avanzó la estación de crecimiento hasta aproximadamente los 75 DDP y luego disminuyó y los tratamientos tendieron a ordenarse en función a la cantidad de N disponible, coincidiendo con los resultados obtenidos por Millard & Marshall (1986). Sin embargo, las variedades presentaron diferencias en la evolución y en la máxima cantidad acumulada de NTpl. Bannock Russet, de ciclo más largo, mantuvo elevado por más tiempo el NTpl que las otras dos variedades. Esto coincide con lo determinado por Kleinkopf *et al.* (1981) y Saluzzo *et al.* (1999), quienes concluyeron que las variedades con diferente ciclo presentaron diferencias en la cantidad de N acumulado en planta a lo largo del desarrollo. La máxima cantidad acumulada de NTpl fue mayor Innovator y Gem Russet y menor en Bannock Russet y Russet Burbank, debido a que las dos primeras fueron las más eficientes en tomar el N del suelo. Estas diferencias entre las variedades probablemente estén asociadas, entre otras variables, a variaciones en la distribución de las raíces en el suelo, tal como fue señalado por Novoa *et al.* (1981) y Sattelmancher *et al.* (1990).

Las variedades más eficiente para producir tubérculos y las que presentaron mayor cantidad de Ntub fueron Innovator y Russet Burbank. En la primera el mayor rendimiento y Ntub se determinó con las disponibilidades más elevadas de N y en la segunda con las intermedias. En Bannock Russet y Gem Russet se determinaron menores rendimientos y respuesta al agregado de N. En las cuatro variedades, al aumentar la disponibilidad de N disminuyó la MS en los tubérculos, coincidiendo con los resultados de Belanger *et al.* (2002) y Zebarth *et al.* (2004a). Sin embargo, la MS en los tubérculos fue superior al umbral de recibo del 18% establecido por la industria (Caldiz & Gaspari, 1997).

Russet Burbank y Bannock Russet fueron las que partitionaron mayor cantidad de N hacia los tubérculos, siendo las más eficientes desde el punto de vista fisiológico. Por otro lado, Gem Russet fue la variedad que acumuló mayor cantidad de NTpl y la que menos partitionó hacia los tubérculos, indicando su baja eficiencia para utilizar el N acumulado. Esto demuestra, al igual que lo establecido por Fageria & Baligar (2005), la existencia de diferencias en la EFN entre variedades dentro de la misma especie.

En las cuatro variedades, los cambios en la EAN fueron debidos a las variaciones de la EUN y de la EFN (Novoa *et al.*, 1981). Las eficiencias tendieron a disminuir con el aumento del N disponible y, coincidiendo con lo determinado por Errebhi *et al.* (1999) y Zebarth *et al.* (2004b), fueron más sensibles a disminuir la EAN y EFN que la EUN.

En todas las variedades, excepto Russet Burbank, se estableció que el rendimiento disminuyó al aumentar la EAN y EFN (Figura 3). Mientras que, no se determinó asociación entre el rendimiento y la EUN. A igual EAN y EFN, los rendimientos fueron mayores en Innovator y Russet Burbank que en Bannock Russet y Gem Russet.

CONCLUSIÓN

En papa para industria, las recomendaciones de fertilización nitrogenada deberán ser programadas, según la variedad, optimizando el rendimiento y manteniendo la MS de tubérculos por encima del umbral de recibo establecido por la industria. Las variedades por su respuesta al N se dividieron en dos grupos. Por un lado, Innovator y Russet Burbank fueron las que más respondieron al agregado de N y las más eficientes en producir tubérculos. Innovator por su capacidad en absorber el N del suelo y Russet Burbank por la de removilizar el NTpl hacia los tubérculos. Además, Innovator tuvo mayor requerimiento y respuesta al N que Russet Burbank. Por otro lado, Bannock Russet y Gem Russet fueron las menos eficientes y no respondieron al agregado de N para producir tubérculos. Los rendimientos estuvieron limitados por la capacidad de tomar el N del suelo en Bannock Russet y por la de utilizar el NTpl en Gem Russet. Estas dos variedades, con respecto a Russet Burbank, tendrían mejor calidad en los tubérculos por no presentar defectos de *puntas de azúcar* y presentarían valores superiores de materia seca. Teniendo en cuenta la importancia de estas características para la industria, sería de interés recabar más información para adecuar las estrategias de manejo a los requerimientos de estas variedades.

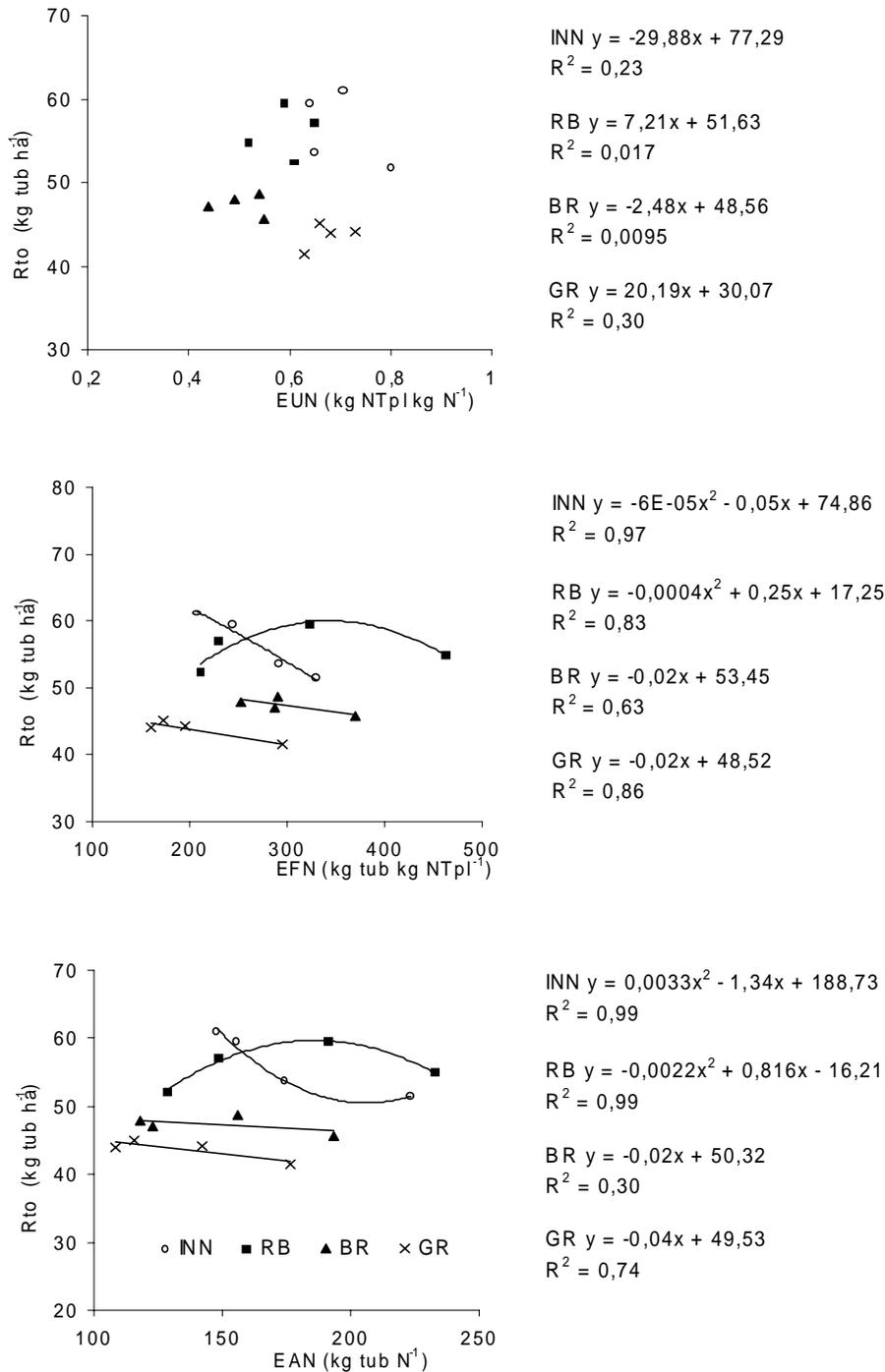


Figura 3. Relación entre el rendimiento de tubérculos (kg tub ha⁻¹) y la eficiencia agrónoma de uso del N (EAN), eficiencia fisiológica (EFN) y eficiencia de utilización del N (EUN) para cada variedad (Innovator-INN, Russet Burbank-RB, Bannock Russet-BR y Gem Russet-GR).

Figure 3. Relation between yield tubers (kg tub ha⁻¹) and nitrogen agronomic efficiency (NAE), nitrogen physiological efficiency (NPE) and Nitrogen utilization efficiency (NUE) for each variety (Innovator-INN, Russet Burbank-RB, Bannock Russet-BR y Gem Russet-GR).

AGRADECIMIENTOS

A Efraín Battistoni de Work People SA, a Alejandro Orofino de la empresa McCain Argentina SA y al personal del laboratorio de la Estación Experimental INTA de Balcarce por la colaboración brindada para realizar este trabajo.

Financiación: Este trabajo fue financiado parcialmente por McCain Argentina SA, por el proyecto AGR 213/06 de la Facultad de Ciencias Agrarias UNMP y con recursos de la Estación Experimental INTA de Balcarce.

REFERENCIAS

- Belanger, G; JR Walsh; JE Richards; PH Milburn & NZiadi. 2002. Nitrogen fertilization and irrigation effects tuber characteristics of two potato cultivars. *Am. J. Pot. Res.* 79: 269-279.
- Bohl, WH; SL Love; DL Corsini; JC Stark & N Olsen. 2005. Cultural management of Bannock Russet Potatoes. University of Idaho. College of Agricultural and Life Sciences. CIS 1103. (www.info.ag.uidaho.edu. 13/08/05).
- Bray, RH & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils, *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Caldiz, DO & FJ Gaspari. 1997. Análisis de los factores determinantes del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*) con especial referencia a la situación Argentina. *Rev. Fac. Agr. La Plata* 102: 203-229.
- Caldiz, D. 2003. Características de las variedades de papa utilizadas por la industria. *Del Campo a la Fábrica* 3(1):12 p.
- Echeverría, HE & R Bergonzi. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* 135. Est. Exp. Agrop. INTA Balcarce.
- Errebhi, M; CJ Rosen; FJ Lauer; MW Martin & JB Bamberg. 1999. Evaluation of tuber-bearing *Solanum* species for nitrogen use efficiency and biomass partitioning. *Am J Potato Res.* 76: 143-151.
- Fageria, NK & VC Baligar. 2005. Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Advances in Agronomy* 88: 97-185.
- Giletto, CM; HE Echeverría & V Sadras. 2003. Fertilización nitrogenada de cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) en el sudeste bonaerense. *Ciencia del suelo* 21: 44-51.
- Jackson, ML. 1964. Determinaciones de nitrógeno en los suelos y tejidos vegetales. *En: Análisis químicos de suelos.* 3ª. Ed. Barcelona. Ed. Omega. Pp 254-281.
- Kleinkopf, GE; DT Westermann & RB Dwelle. 1981. Dry matter production and nitrogen utilization by six potato cultivars. *Agron. J.* 73: 799-802.
- Love, SL; R Novy; DL Corsini; JL Pavek; AR Mosley *et al.* 2002. Gem Russet: A Long Russet Potato Variety with Excellent Fresh Market and French Fry Processing Quality. *Amer. J. of Potato Res.* 79: 25-31.
- Love, SL; WH Bohl; DL Corsini; JC Stark & N Olsen. 2005. Cultural management of Gem Russet Potatoes. University of Idaho. College of Agricultural and Life Sciences. CIS 1093. (www.info.ag.uidaho.edu. 13/08/05)
- Millard, P & B Marshall. 1986. Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application. *J. Agric. Sci. Camb.* 107: 421-429.
- Nelson, DW & Sommers. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agron J.* 65: 109-112.
- Novoa, R & RS Loomis. 1981. Nitrogen and plant production. *Plant and Soil* 58: 177-204.
- Porter, GA & JA Sisson. 1991. Petiole nitrate content of main grown Russet Burbank and Shepody potatoes in response to varying nitrogen rate. *Am. Potato J* 68: 493-505.
- Saluzzo, A; HE Echeverría; FH Andrade & M Huarte. 1999. Nitrogen nutrition of potato cultivars differing in maturity. *J. Agronomy & Crop Science* 183: 157-165.
- Sattelmacher, B; F Klotz & H Marschner. 1990. Influence of the nitrogen level growth and morphology of two potato varieties differing in nitrogen acquisition. *Plant soil* 123: 131-137.
- SAS. Institute Inc. 1985. User's guide. Statistics version 5 edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Walkley, A & A Black. 1934. An examination of the degtjarett method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Zebarth, BJ; Y Leclerc; G Moreau & E Botha. 2004a. Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: Yield and processing quality. *Can. J. Plant Sci* 84: 855-863.
- Zebarth, BJ; G Tai; R Tarn; H De Jong & PH Milburn. 2004b. Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. *Can. J. Plant Sci* 84: 589-598.