

EVALUACIÓN DE LA NUTRICIÓN NITROGENADA EN NUEVAS VARIEDADES DE PAPA APTAS PARA EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL

GILETTO, CLAUDIA MARCELA¹; RATTÍN, JORGE EDGARDO¹; ECHEVERRÍA, HERNÁN EDUARDO¹ & CALDIZ DANIEL OSMAR²

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: 00/00/00

Aceptado: 00/00/00

RESUMEN

La introducción y evaluación de nuevos cultivares de papa aptos para el procesamiento industrial debe estar acompañada de un paquete tecnológico que permita lograr mejoras en el rendimiento, la calidad y la rentabilidad de los cultivos. Un aspecto crucial de este paquete es la nutrición nitrogenada del cultivo, dado que impacta significativamente sobre estos tres aspectos. Durante la campaña 2003/04, se monitoreó la nutrición nitrogenada en distintas variedades de papa (Innovator, Russet Burbank, Gem Russet y Bannock Russet) aptas para el procesamiento industrial. Se evaluó a la determinación de la concentración de nitratos (N-NO_3^-) en base seca (BSp) y en jugo (Jp) de pecíolos y al contenido de clorofila de la hoja (Índice verde de la hoja, IV) como métodos de diagnóstico para estimar el estado nutricional.

Las variedades presentaron diferentes concentraciones y evolución de los N-NO_3^- BSp, como consecuencia de una respuesta diferencial a las dosis y momentos de aplicación del nitrógeno. La concentración de N-NO_3^- BSp permitió establecer diferencias en la nutrición debidas a características del suelo; en tanto que la concentración de N-NO_3^- Jp, independientemente de la variedad, fue menos estable en el tiempo que la concentración de N-NO_3^- BSp, debido a que detectó con más sensibilidad los momentos en que fue realizada la fertilización. El IV fue afectado más por la variación de color en el follaje de las variedades que por la fertilización nitrogenada; lo cual confirma que es necesario relativizar el IV, a fin de eliminar estas diferencias. La relación entre la concentración de N-NO_3^- con el rendimiento relativo (RR) a los 75 días después de la plantación (DDP), indicó que los umbrales propuestos, de 11 g kg^{-1} y 1 g L^{-1} para N-NO_3^- BSp y Jp, respectivamente, podrían ser utilizados como referencia para determinar el estado nutricional en las nuevas variedades. Por el contrario, al relacionar el RR con el IV y el índice de suficiencia de nitrógeno (ISN) no se determinó una asociación entre estas variables, tanto al inicio de tuberización como en el llenado de los tubérculos.

Palabras clave. Variedades de papa para industria, nitratos en pecíolo, índice verde.

NITROGEN NUTRITION ASSESSEMENT IN NEW POTATO PROCESSING CULTIVARS

ABSTRACT

The introduction and evaluation of new potato cultivar must be done in combination with a suitable management profile, in order to achieve improvements in yield, quality and profitability. A crucial aspect within this profile is nitrogen nutrition. During 2003/04 seasons nitrogen nutrition was assessed in potato processing cultivars (Innovator, Russet Burbank, Gem Russet and Bannock Russet). As diagnosis methods to estimate the nutritional state petiole dry matter nitrate-nitrogen concentration (N-NO_3^- BSp); petiole sap nitrate-nitrogen concentration (N-NO_3^- Jp), and leaf chlorophyll content (Green Index GI) were evaluated. Cultivars showed a different average concentration and N-NO_3^- BSp evolution, showing a differential response to nitrogen doses and application time. It was possible to relate N-NO_3^- BSp with soil characteristics. Independently of the cultivar, N-NO_3^- Jp was less stable during time than N-NO_3^- BSp, due to a higher sensitiveness to detect changes in the nutritional status of the crop. The GI was more affected by foliage color variation among cultivars than nitrogen fertilization; which confirmed that the GI should be used with a high N control plot per variety for proper comparisons. At 74 days after planting, the N-NO_3^- BSp was related with relative yield (RR) showing that the thresholds levels of 11 g kg^{-1} , and of 1 g L^{-1} to BSp and Jp, respectively, could be used as a reference to assess the nutritional status of new cultivars. However, no association was found between RR, GI and the nitrogen sufficiency index (NSI), when they were considered at tuber initiation and early tuber bulking.

Key words. Potato processing cultivars, petiole nitrate, green index.

INTRODUCCIÓN

En la región sudeste de la provincia de Buenos Aires se concentra la producción de papa con destino a la industria. En esta región el cultivo se lleva a cabo entre octubre - marzo con variedades cuyo ciclo varía entre 100-140 días desde plantación a cosecha. Durante muchos años la variedad tradicionalmente utilizada por la industria procesadora fue Kennebec (Cacace & Huarte, 1996), pero en los últimos años, con el fin de lograr aumentos en el rendimiento, la calidad y la rentabilidad de los cultivos, se han incorporado una serie de nuevas variedades como Shepody, Russet Burbank e Innovator, originados en Canadá, USA y Holanda, respectivamente (Caldiz, 2003). Algunas de estas variedades, al ser de ciclo largo, se caracterizan por acumular mayor cantidad de nitrógeno en la parte aérea que las de ciclo más corto, además de continuar con el crecimiento del follaje y el consumo de nutrientes por un mayor período de tiempo (Kleinkopf *et al.*, 1981; Saluzzo *et al.*, 1999). Por lo tanto, al introducir nuevos cultivares, resulta fundamental conocer la respuesta a la fertilización nitrogenada bajo las condiciones de cultivo del sudeste bonaerense.

Para las variedades en uso en la zona, se ha utilizado la concentración de nitrato (N-NO_3^-) en pecíolo de la cuarta hoja desarrollada del tallo principal (Westermann, 1993) como método de diagnóstico para determinar el estado de nutrición nitrogenada (Giletto *et al.*, 2003; Rattin *et al.*, 2004). En general, el N-NO_3^- es máximo en inicio de tuberización, y disminuye a medida que avanza el ciclo, debido al traslado del N desde la parte aérea hacia los tubérculos. Vitosh & Silva (1996b) determinaron que para obtener el máximo rendimiento, los niveles críticos de concentración de N-NO_3^- a partir de muestras secas y molidas de pecíolos en base seca (BSp) debe ser superiores a 17, 11 y 6 g kg^{-1} para inicio de tuberización, llenado de tubérculos y final del ciclo, respectivamente. La determinación de la concentración de N-NO_3^- a partir del jugo de pecíolos (Jp), como método de diagnóstico alternativo, ha tenido en los últimos años un desarrollo importante, debido a la rapidez en la obtención de los resultados a partir de muestras frescas de los pecíolos. Según Vitosh & Silva (1996b) los niveles críticos de concentración de N-NO_3^- determinada con este método, para lograr el máximo rendimiento, debe superar a 1,7; 1,4 y 0,9 g L^{-1} ; respectivamente para las mismas etapas del ciclo mencionadas para el método de BSp. En el sudeste bonaerense para las variedades Kennebec y Spunta, Rattin *et al.* (2004) determinaron un umbral de suficiencia de N-NO_3^- de 22 g kg^{-1} en BSp y de 1,7 g L^{-1} para el período comprendido entre los 67 y 78 DDP.

Entre los métodos de diagnóstico no destructivos, se destaca la determinación del contenido de clorofila o

índice verde de la hoja (IV) medido en unidades SPAD. El IV tiene buena correlación con el contenido de nitrógeno foliar (Marquard & Tipton, 1987; Shaahan *et al.*, 1999) y el empleo de esta técnica indirecta, calibrada para cada caso en particular, podría ser una alternativa para determinar el estado nutricional del cultivo. Haverkort & Mckerron (2000) propusieron como nivel crítico, para inicio de tuberización, un mínimo de 43 unidades SPAD. Si bien el IV permite calificar/cuantificar el estado de nutrición nitrogenada en papa al final del ciclo del cultivo (Giletto, 2002) en la región sudeste, coincidiendo con lo determinado para maíz (Sainz Rozas & Echeverría, 1998) y trigo (Falótico *et al.*, 1998; Echeverría & Studert, 2001); Giletto (2002) determinó que cuando la disponibilidad de nitrógeno en el suelo es elevada, no muestra sensibilidad como método de diagnóstico, especialmente en la etapa crítica de inicio de tuberización.

En función de estos antecedentes y ante la introducción de nuevos cultivares en la región, el objetivo de este trabajo fue monitorear la nutrición nitrogenada en Innovator, Russet Burbank, Gem Russet y Bannock Russet; y evaluar a la concentración de N-NO_3^- en pecíolo (BSp y Jp) y al IV de la hoja como estimadores del estado nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se llevaron a cabo durante la campaña agrícola 2003/04 en el campo experimental de Mc Cain Argentina, ubicado en Balcarce (37° 45' S; 58° 18' W, 130 ms.n.m.) provincia de Buenos Aires. El suelo es un Argiudol típico sin limitaciones en su capacidad de uso y presentó un contenido de materia orgánica (MO) (Walkley & Black, 1934) de 4,6 $\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, pH de 5,7 y la cantidad de fósforo (P) (Bray & Kurtz I, 1945) y nitrógeno (N) disponible (Jackson, 1964) a la plantación fue de 21,1 mg kg^{-1} (0-20 cm de profundidad) y 54,7 kg ha^{-1} (0-40 cm de profundidad), respectivamente. El nitrógeno liberado por mineralización (Echeverría & Bergonzi, 1995; Echeverría *et al.*, 2000) durante la campaña agrícola fue estimado en 150 kg N ha^{-1} .

La preparación del suelo y las labores culturales se realizaron de acuerdo a la modalidad de la zona, utilizando cincel, rastra de disco y vibrocultivador previo a la plantación y escardillo posteriormente para levantar el surco. Para asegurar el suministro hídrico, se regó con un 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. La plantación se realizó el 24 de octubre de 2003 con una plantadora de 2 surcos a una distancia de 0,85 m entre surco a una densidad promedio de 5 cortes m lineal^{-1} . En la plantación se adicionaron 150 kg ha^{-1} de superfosfato triple de calcio (grado eq. 0-20-0) para asegurar que el P no limitara el crecimiento del cultivo.

Se evaluaron los cultivares tipo "russet" Innovator (120 días) y Russet Burbank (140 días), ya cultivados en la zona, y los nuevos

cultivares, Gem Russet (120 días) 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 (BCA) con tres repeticiones y cuatro tratamientos de fertilización, tal como se presenta en la Tabla 1. Los tratamientos contemplan dosis crecientes de nitrógeno y estrategias de fertilización.

Para determinar la concentración de $N-NO_3^-$ en base seca (BSp) y en jugo (Jp) de pecíolo, se recolectaron a partir del 10 de diciembre 20-30 pecíolos de la cuarta hoja expandida del tallo principal de plantas elegidas al azar por parcela. Las fechas de muestreo fueron: 10/12, 24/12, 7/1 y 21/1 que correspondieron a 47, 60, 75 y 90 días después de plantación (DDP). Los muestreos fueron realizados a la mañana para evitar variaciones debidas a la hora de muestro (McKerron *et al.*, 1995; Vitosh & Silva, 1996a). Las muestras de pecíolos fueron separadas en dos submuestras. Una de ellas, fue secada en estufa a 60 °C hasta peso constante y se utilizó para determinar la concentración de $N-NO_3^-$ BSp ($mg\ kg^{-1}$) por el método del ácido fenoldisulfónico. La otra submuestra de pecíolos se prensó y se extrajo el jugo; se tomó una alícuota del mismo y se diluyó con agua destilada en 1:10 o 1:20 según el estado de

desarrollo del cultivo. Se colocó una banda reactiva Merck 10020 en la solución diluida del jugo del pecíolo y se leyó en el colorímetro Nitratecheck la concentración de $N-NO_3^-$ Jp ($mg\ L^{-1}$).

El índice verde (IV) se determinó con un medidor de clorofila MINOLTA SPAD-502 que mide la luz transmitida a través de la hoja en 650 y 940 nm. Las lecturas fueron tomadas a partir del 10 de diciembre, cada quince días al mismo tiempo que los pecíolos, utilizándose el folíolo terminal de la cuarta hoja expandida del tallo principal, en un total de 20 plantas por parcela.

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 parcela y se realizaron estimaciones del rendimiento total en peso fresco.

Ensayos Complementarios

Se realizaron dos ensayos complementarios en lotes de producción comercial, uno en Miramar, Estancia Bellamar (38° 16' S; 57° 50' W) y otro en Tandil, Estancia El Bonete (37° 12' S; 59° 9' W, 175 ms.n.m.), provincia de Buenos Aires (Tabla 2). La

Tabla 1. Momento, forma y dosis de aplicación de nitrógeno en los tratamientos evaluados en Balcarce. DDP: días después de la plantación.

Table 1. Time, Type and dose of applied nitrogen in the treatments performed at Balcarce. DDP: days after the planting.

Momento y forma de aplicación	N aplicado ($kg\ ha^{-1}$)			
	T 1	T 2	T 3	T 4
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

Tabla 2. Características del suelo al momento de la plantación en los sitios donde se realizaron los ensayos complementarios.

Table 2. Soil characteristics at the sites of complementary experiments.

Partido (Establecimiento Agropecuario)	MO (%)	pH	$N-NO_3^-$ ($kg\ ha^{-1}$)	P ($mg\ kg^{-1}$)
TANDIL (El bonete)				
0-20 cm	5,8	5,9	24,6	15,2
20-40 cm			16,8	
Total			41,4	
MIRAMAR (Bellamar)				
0-20 cm	6,5	5,9	25,4	12,7
20-40 cm			17,0	
Total			42,4	

preparación del suelo, las labores culturales, el control de enfermedades, insectos y malezas se realizaron con la misma modalidad y frecuencia que en la experiencia anterior. En cada una de estas localidades, se regó con un equipo de pivote central para asegurar el suministro de agua durante todo el ciclo.

Se utilizó la variedad Russet Burbank, plantada el 26 de octubre y el diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizado con dos tratamientos y tres repeticiones (Tabla 3).

En estos cultivos también se determinó la concentración de $N-NO_3^-$ BSp. Las fechas de muestreo para la concentración de $N-NO_3^-$ BSp fueron el 18/12 (53 DDP), 23/12 (58 DDP), 7/1 (73 DDP) y 17/1 (83 DDP) en Tandil; y 23/12 (58 DDP), 8/1 (74 DDP) y 28/1 (94 DDP) en Miramar.

Al final del ciclo, se cosecharon en forma manual 4 surcos de 3 m de largo por parcela y se realizaron estimaciones del rendimiento final.

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

Se calculó el rendimiento relativo (RR) como la relación entre el rendimiento de cada tratamiento y el mayor rendimiento promedio determinado y, el índice de suficiencia de nitrógeno (ISN) para cada muestreo como la relación entre el IV de cada tratamiento y el mayor IV promedio determinado para cada tratamiento. Se determinó la asociación entre el RR y la concentración $N-NO_3^-$ en BSp y en Jp, IV e ISN en inicio de tuberización (47-53-58 DDP para $N-NO_3^-$ en BSp en Balcarce, Tandil y Bellamar, respectivamente; 47 DDP para $N-NO_3^-$ en Jp, IV e ISN) y en el llenado de tubérculos (70 DDP). Se utilizó el método de Cate & Nelson (1965), para determinar el nivel crítico en la concentración de $N-NO_3^-$ IV e ISN.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Balcarce, los rendimientos fueron similares a los obtenidos por productores de avanzada en la región su-deste (Huarte, 1996; Caldiz & Gaspari, 1997); en tanto que en Tandil y Miramar se alcanzaron rendimientos ligeramente superiores. En Balcarce, las aplicaciones de nitrógeno no modificaron el rendimiento en los cultivares Bannock Russet y Gem Russet (Tabla 4). En Russet Burbank, el T2 presentó el mayor rendimiento en tanto que en Innovator los mayores rendimientos se alcanzaron en los tratamientos T3 y T4. En Tandil y Miramar no se observaron diferencias en el rendimiento entre los tra-tamientos, probablemente por la elevada oferta de nitrógeno del suelo y el agregado por fertilización.

La concentración de $N-NO_3^-$ BSp fue máxima al inicio del ciclo y disminuyó progresivamente a lo largo del ciclo del cultivo en función de la dosis de nitrógeno (Figura 1). Este comportamiento coincidió con lo descrito en otros trabajos (Wescott *et al.*, 1991; Porter & Sisson, 1991; Westermann, 1993). En Balcarce, Innovator y Gem Russet presentaron similar evolución de $N-NO_3^-$. Entre los 47 a 75 DDP los tratamientos fertilizados (T2, T3 y T4), se destacaron por acumular $N-NO_3^-$ en los pecíolos y se ubicaron en el rango de exceso y adecuado de nitrógeno según Vitosh & Silva (1996b). Posteriormente, la concentración de $N-NO_3^-$ disminuyó gradualmente hasta el final del ciclo.

Tabla 3. Momento, forma y dosis de aplicación de nitrógeno en los ensayos complementarios. DDP: días después de la plantación.

Table 3. Time, Type and dose applied nitrogen in the complementary experiments. DDP: days after the planting.

Partido (Establecimiento agropecuario)	N aplicado (kg ha ⁻¹)	
	T 2	T 4
TANDIL (El Bonete)		
Preplantación al voleo	82	108
Plantación en banda	42	27
Inicio tuberización al voleo (39 DDP)		52
Tubérculos 5 cm al voleo (47 DDP)		16
Total de nitrógeno aplicado	124	203
MIRAMAR (Bellamar)		
Preplantación al voleo	85	90
Plantación en banda	39	45
Inicio tuberización al voleo (39 DDP)		52
Tubérculos 5 cm al voleo (54 DDP)		16
Total de nitrógeno aplicado	124	203

Tabla 4. Rendimiento promedio de tubérculos a cosecha en peso fresco (Mg ha⁻¹) para cada localidad, variedad y tratamiento. Las letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para un mismo cultivar, según test DMS (a < 0,05).

Table 4. Average yield tubers in fresh weight (Mg ha⁻¹) for each location, variety and treatment. Same letters indicate that there are not significant differences between the treatments for each cultivar, according to test DMS (a < 0.05).

Partido (establecimiento agropecuario)	Rendimiento de tubérculos					
	BALCARCE (Campo experimental)			TANDIL (El Bonete)	MIRAMAR (Bellamar)	
Variedad	Innovator	Bannock Russet	Gem Russet	Russet Burbank	Russet Burbank	Russet Burbank
Tratamiento	(Mg ha ⁻¹)					
T1	51,5 b	45,7 a	41,5 a	54,9 bc
T2	53,6 b	48,7 a	44,2 a	59,4 a	61,4 a	58,6 a
T3	59,4 a	47,1 a	45,1 a	57,0 ab
T4	61,0 a	47,9 a	44,0 a	52,3 c	62,9 a	62,3 a

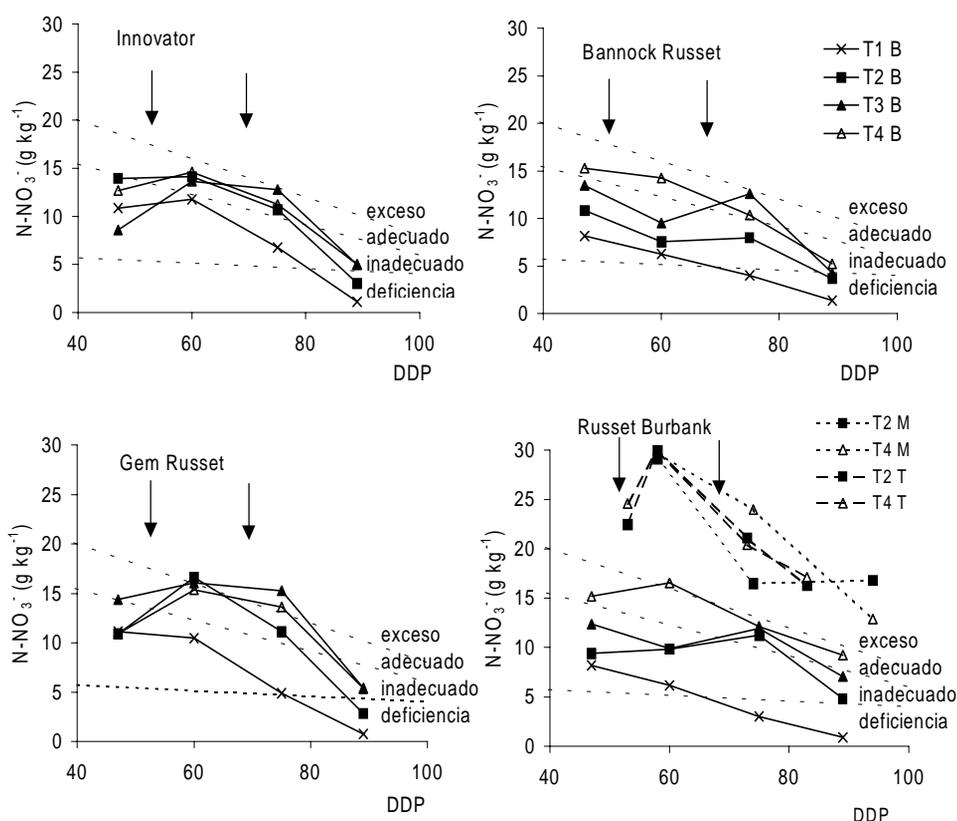


Figura 1. Evolución de la concentración de N-NO₃⁻ (g kg⁻¹) en BSp para Bannock Russet, Gem Russet, Innovator en Balcarce y Russet Burbank en Balcarce (B), Tandil (T) y Miramar (M). DDP: días después de la plantación. Las rectas separan los rangos de referencias nutricionales, según Vitosh & Silva (1996b). Las flechas indican momento de fertilización en T3 y T4 en Balcarce.

Figure 1. Evolution of nitrate–nitrogen BSp concentration (g kg⁻¹) in Bannock Russet, Gem Russet, Innovator in Balcarce and Russet Burbank in Balcarce (B), Tandil (T) and Miramar (M). DDP: days after the planting. The straight line separate the ranges of nutritional references, according to Vitosh & Silva (1996b). The arrows indicate fertilization moment in T3 and T4 in Balcarce.

A pesar de las dosis de nitrógeno utilizadas no se determinaron diferencias significativas entre estos tratamientos. En el T1, a partir de los 60 DDP, la concentración de N-NO_3^- fue significativamente menor y disminuyó en forma más pronunciada que en los otros tratamientos, ubicándose en el rango de inadecuado y de deficiencia de nitrógeno (Vitosh & Silva, 1996b). En Bannock Russet y Russet Burbank, los tratamientos se ordenaron en función a la dosis de N y se ubicaron en los distintos rangos nutricionales según muestra la Figura 1. La concentración de N-NO_3^- BSp disminuyó gradual y progresivamente hasta el final del ciclo en todos los tratamientos. Al comparar las variedades, Gem Russet presentó la mayor concentración promedio de N-NO_3^- BSp ($10,3 \text{ g kg}^{-1}$), que difirió significativamente de Bannock Russet que presentó la menor ($8,4 \text{ g kg}^{-1}$). Innovator y Russet Burbank tuvieron valores intermedios ($9,7; 9,2 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) y no difirieron estadísticamente de las otras dos.

Al comparar los tratamientos entre las localidades, en Tandil y Miramar, la concentración de N-NO_3^- BSp en T2 y T4 fue superior a la determinada en Balcarce y se ubicó en el rango de exceso de nitrógeno (Vitosh & Silva, 1996b) durante todo el ciclo del cultivo. La máxima concentración se determinó aproximadamente a los 60 DDP (Figura 1).

Similar ordenamiento y significancia estadística de las variedades se determinó con el método del Jp, siendo la concentración promedio de N-NO_3^- de 1,09, 1,04, 0,99 y $0,93 \text{ g kg}^{-1}$ para Gem Russet, Innovator, Russet Burbank y Bannock Russet, respectivamente. Independientemente de la variedad, las dosis de nitrógeno determinaron el ordenamiento de los niveles nutricionales (Figura 2). En el T1 y T2, la concentración de N-NO_3^- disminuyó a medida que avanzó el ciclo del cultivo, ubicándose al principio en el rango de inadecuado y hacia el final en el de deficiencia de nitrógeno (Vitosh & Silva, 1996b). A

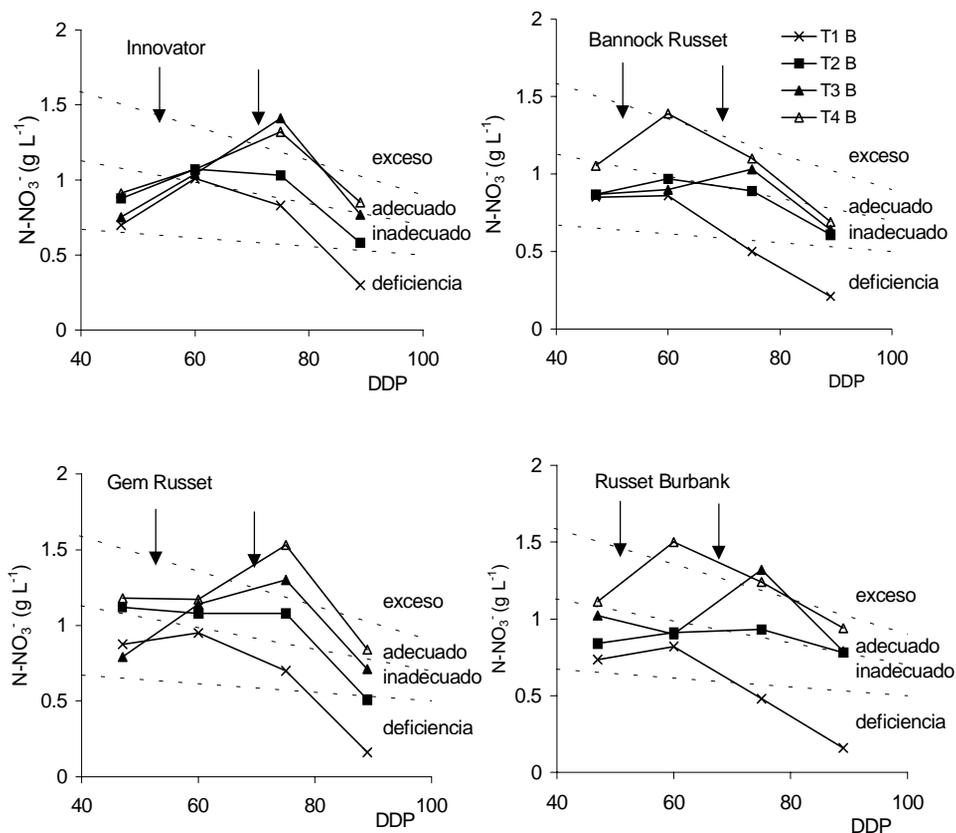


Figura 2. Evolución de la concentración de N-NO_3^- (g L^{-1}) en Jp para Bannock Russet, Gem Russet, Innovator y Russet Burbank en Balcarce. DDP: días después de la plantación. Las rectas separan los rangos de referencias nutricionales, según Vitosh & Silva (1996b). Las flechas indican momento de fertilización en T3 y T4 en Balcarce.

Figure 2. Evolution of nitrate-nitrogen Jp concentration (g L^{-1}) in Bannock Russet, Gem Russet, Innovator and Russet Burbank in Balcarce. DDP: days after the planting. The straight line separate the ranges of nutritional references, according to Vitosh & Silva (1996b). The arrows indicate fertilization moment in T3 and T4 in Balcarce.

partir de los 75 DDP la concentración de $N-NO_3^-$ determinada en ellos fue significativamente menor que la establecida en los otros dos. Los tratamientos T3 y T4 presentaron picos de concentración de $N-NO_3^-$ que coincidieron con la aplicación de nitrógeno realizada aproximadamente 7 días previos al muestreo. En algunos casos se llegó a concentraciones de exceso de nitrógeno (Vitosh & Silva, 1996b), este comportamiento concuerda con los reportados por Waterer (1997). Al comparar los resultados obtenidos con ambos métodos, la concentración de $N-NO_3^-$ en Jp resultó más sensible a los cambios en la fertilización nitrogenada. Esto no necesariamente sería una ventaja de esta metodología, puesto que el exceso de sensibilidad podría reflejar grandes cambios en la concentración de $N-NO_3^-$ por la adición de pequeñas dosis de nitrógeno como las aplicadas en T3 y T4 a los 70 DDP.

En la Figura 3 se muestra la evolución del IV para cada variedad. A medida que avanzó el ciclo, el IV disminuyó levemente en los tratamientos fertilizados y en forma más pronunciada en los testigos. Coincidiendo con Vos & Bom (1993), la dosis de nitrógeno determinó el ordenamiento nutricional dentro de cada cultivar. En Innovator,

el IV determinado en T3 y T4 fue significativamente mayor que en T2 y T1 en todas las fechas de muestreo, excepto a los 60 DDP. Esta tendencia tiende a repetirse en Russet Burbank. En las otras dos variedades a partir de los 75 DDP, los tratamientos se ordenaron significativamente en función a la dosis de nitrógeno. Existieron diferencias en el IV entre los cultivares, Bannock Russet e Innovator fueron los que presentaron los valores promedio significativamente más elevados (45 SPAD), Russet Burbank los más bajos (39 SPAD) y los de Gem Russet se ubicaron en posición intermedia (41 SPAD). La coloración de la hoja afectó al IV y en consecuencia, cultivares con igual nivel nutricional pueden presentar diferentes IV. Por lo tanto, para eliminar las diferencias entre las variedades se deben relativizar las lecturas de IV a un ISN (Varvel *et al.*, 1997; Sainz Rozas & Echeverría, 1998). Russet Burbank presentó ISN relativamente constante durante todo el ciclo en los cuatro tratamientos (Figura 4). En las restantes variedades, T4, T3 y T2 tuvieron durante todo el ciclo, elevados ISN. En el T1 se determinó el menor ISN y éste disminuyó progresivamente hasta la senescencia del cultivo.

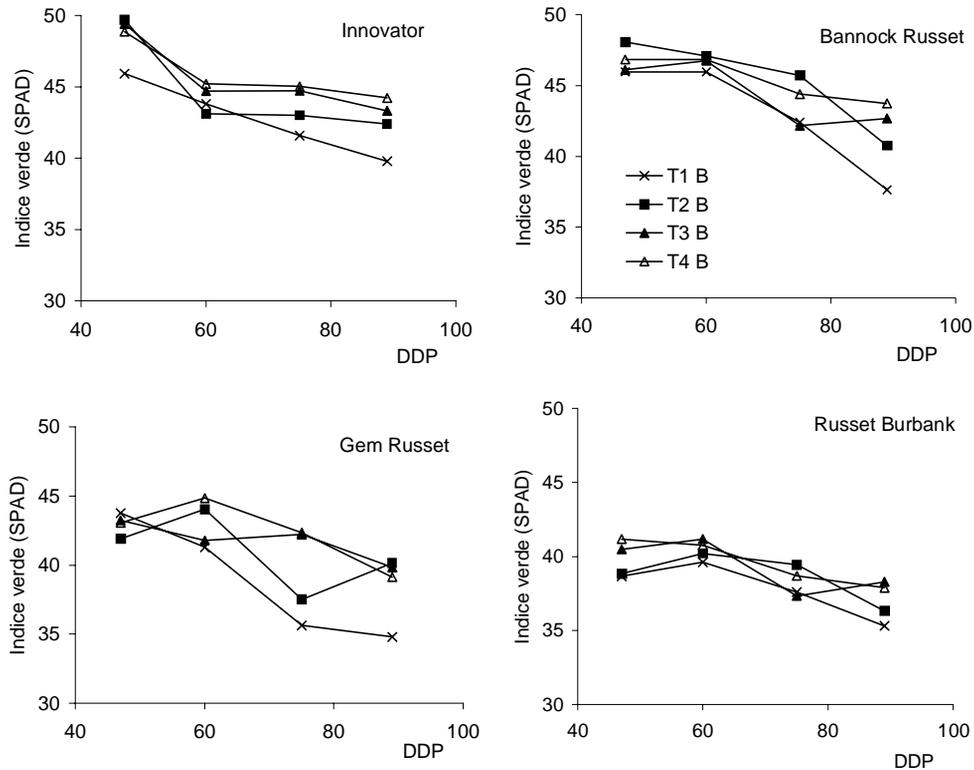


Figura 3. Evolución del IV (SPAD) en la hoja para Bannock Russet. Gem Russet. Innovator y Russet Burbank en Balcarce (B). DDP: días después de la plantación.

Figure 3. Evolution of GI (SPAD) in Bannock Russet, Gem Russet, Innovator and Russet Burbank in Balcarce (B). DDP: days after planting.

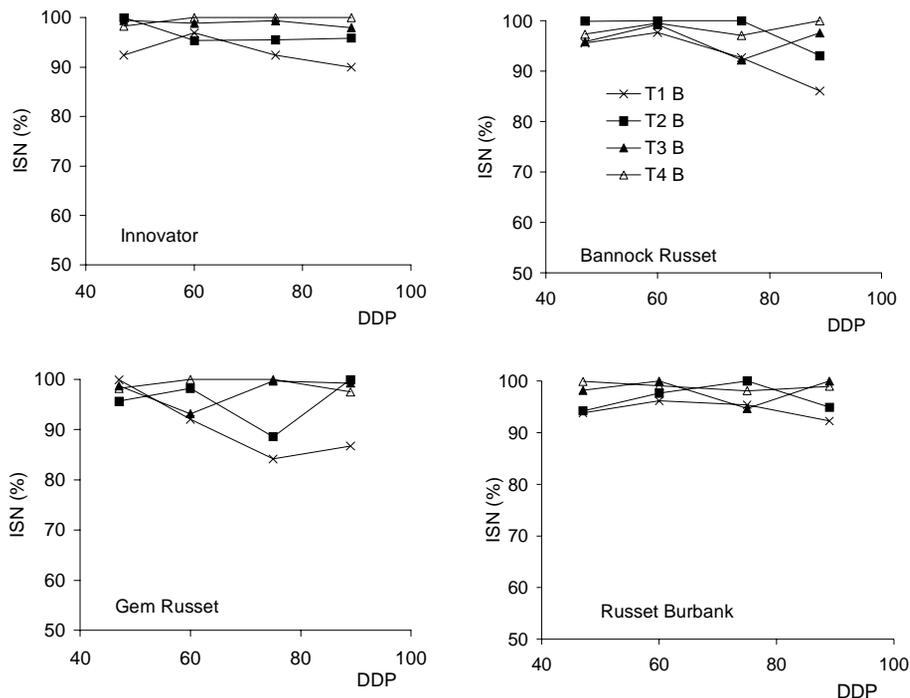


Figura 4. Evolución del ISN para Bannock Russet, Gem Russet, Innovator y Russet Burbank en Balcarce (B). DDP: días después de la plantación.

Figure 4. Evolution of NSI in Bannock Russet, Gem Russet, Innovator and Russet Burbank in Balcarce (B). DDP: days after planting.

Dow & Roberts (1982), definieron para el cultivo de papa un RR crítico (RRc) de 95% y Westermann & Kleinkopf (1985) y Porter & Sisson (1991) sugirieron que la concentración de $N-NO_3^-$ BSp en inicio de tuberización para lograr el máximo rendimiento debería superar los 15 $g\ kg^{-1}$ y 17 $g\ kg^{-1}$, respectivamente. Mientras que, Vitosh & Silva (1996b) propusieron para obtener el máximo RR, un umbral de concentración de $N-NO_3^-$ Jp de 1,2 $g\ L^{-1}$. Al relacionar la concentración de $N-NO_3^-$ BSp y Jp con el RR, al inicio del ciclo (47-53-58 DDP) no se determinó una asociación entre las variables y los valores determinados en Balcarce estuvieron por debajo de los umbrales de referencia y los determinados en Tandil y Miramar por encima (Figura 5).

En la etapa de llenado de tubérculos, Vitosh & Silva (1996b) proponen que, para lograr el máximo RR, la concentración de $N-NO_3^-$ BSp y Jp debe ser superior a 11 $g\ kg^{-1}$ y a 1 $g\ L^{-1}$, respectivamente. Waterer (1997) sugiere para inicio de tuberización un umbral de 1,2 $g\ L^{-1}$ en Jp. Al relacionar la concentración de $N-NO_3^-$ BSp y Jp con el RR a los 75 DDP, tampoco se determinó una clara

asociación entre las variables (Cate & Nelson, 1965). Pero debido a que gran parte de los puntos se ubicaron en los cuadrantes positivos, el umbral de concentración de $N-NO_3^-$ para las nuevas variedades podría ser considerado similar al de referencia (Figura 5).

Haverkort & McKerron (2000) propusieron, para inicio de tuberización, que el IV debería superar a 43 SPAD para que el cultivo no presente deficiencias nutricionales. Al relacionar el IV con el RR, a los 47 DDP, los valores determinados para Bannock Russet e Innovator se ubicaron por encima del umbral, mientras que los restantes por debajo del mismo. A los 75 DDP, no se determinó asociación entre el IV y el RR ($R^2=0,10$). Igual conclusión se determinó cuando se relacionó el ISN con el RR a los 47 y 75 DDP ($R^2=0,02$ y $0,17$, respectivamente).

Las variedades presentaron diferente concentración promedio y evolución de $N-NO_3^-$ a través del tiempo, indicando que respondieron de manera diferente a la dosis y momento de aplicación del nitrógeno, coincidiendo con Haverkort & McKerron (2000). La evolución de $N-NO_3^-$ fue similar en las variedades que presentaron igual

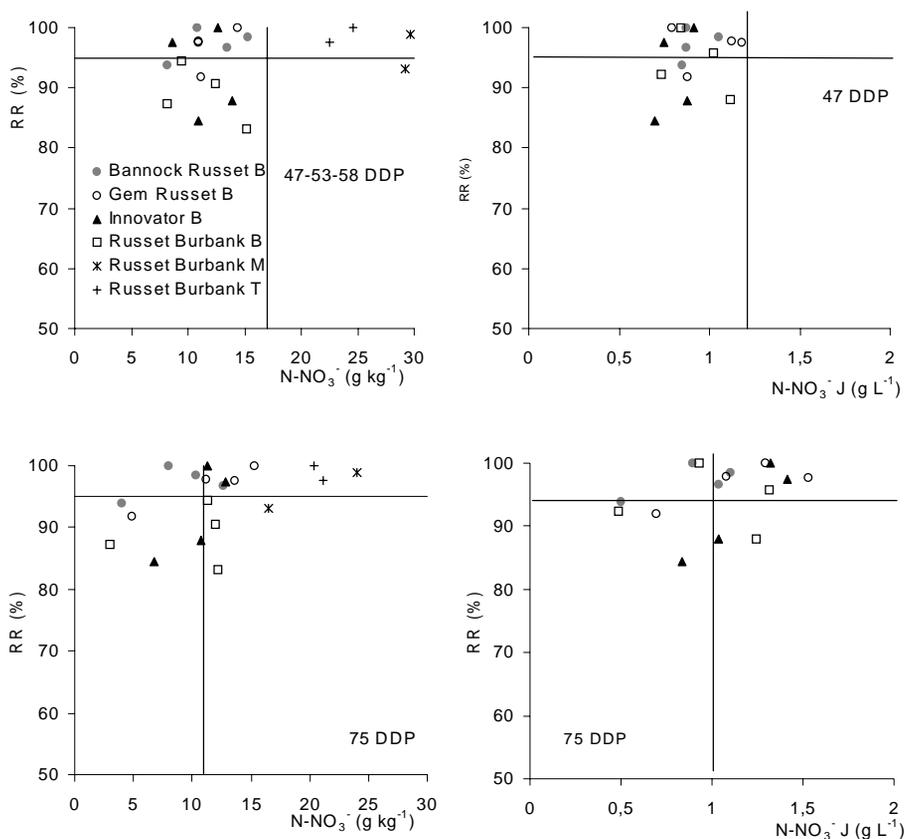


Figura 5. Relación entre el rendimiento relativo (RR) y la concentración de $N-NO_3^-$ en BSp ($g\ kg^{-1}$) y en Jp ($g\ L^{-1}$) para Bannock Russet, Gem Russet, Innovator y Russet Burbank en Balcarce (B). Tandil (T) y Miramar (M) en inicio de tuberización y llenado de tubérculos.

Figure 5. Relationship between relative yield (RR) and nitrate-nitrogen concentration BSp ($g\ kg^{-1}$) and Jp ($g\ L^{-1}$) for Bannock Russet, Gem Russet, Innovator and Russet Burbank in Balcarce (B). Tandil (T) and Miramar (M) in tuberization beginning and tubers growth.

largo de ciclo; por un lado Innovator y Gem Russet de ciclo más corto; y por otro Bannock Russet y Russet Burbank (Balcarce), de ciclo más largo. La concentración de $N-NO_3^-$ tendió a ser mayor en la variedad de ciclo más corto (Gem Russet) y menor en la de ciclo más largo (Bannock Russet).

Es posible concluir, al igual que Minotti *et al.* (1994), que el IV fue afectado más por la variación intraespecífica en el color de las hojas que por la fertilización nitrogenada; y según estos autores, el IV debería ser calibrado para cada genotipo.

Para eliminar las diferencias entre las variedades y poder compararlas se confirma la necesidad de relativizar las lecturas de IV a ISN, coincidiendo con lo determinado por Varvel *et al.* (1997) y por Sainz Rozas & Echeverría (1998). No obstante, es de destacar que el IV tanto como

el ISN fueron poco precisos para determinar el estado nutricional del cultivo.

Con los dos métodos utilizados para determinar la concentración de $N-NO_3^-$, los tratamientos se ordenaron en función a la dosis de nitrógeno, coincidiendo con lo determinado por Rattín *et al.* (2004). La concentración $N-NO_3^-$ Jp fue menos estable en el tiempo que el de BSp, debido a que el primero detectó con más sensibilidad los momentos en que fue realizada la fertilización. Coincidiendo con lo determinado por Rattín *et al.* (2004), ambos métodos permitieron establecer un umbral de suficiencia de nitrógeno sólo para la etapa de llenado de tubérculo. El umbral de concentración de $N-NO_3^-$, para evaluar el estado nutrición nitrogenada en las variedades incorporadas a la zona, coincidiría con el propuesto por Vítosh & Silva (1996b). Estos métodos a pesar de ser destructivos

siguen siendo los más recomendados para estimar el estado nutricional en el sudeste bonaerense. El de BSp es más sensible para determinar diferencias entre las variedades y el de Jp para detectar cambios debidos al manejo de la fertilización realizados durante el ciclo.

Al analizar lo determinado en las tres localidades, la concentración de $N-NO_3^-$ permitió establecer diferencias debidas a las características del suelo relacionado a la capacidad de mineralización de nitrógeno y no tanto a la cantidad de nitrógeno aplicado. Los valores determinados fueron superiores en aquellos suelos con elevado contenido de materia orgánica. Por lo tanto, suelos con buen contenido de materia orgánica, generalmente presentan baja respuesta a la fertilización debido a que es elevado el aporte de nitrógeno proveniente de la mineralización durante el ciclo del cultivo (Giletto *et al.*, 2003). En el sudeste bonaerense es frecuente encontrar lotes comerciales destinados al cultivo de papa con elevada disponibilidad de N, debido a que los productores eligen lotes de tres o más años de pastura y fertilizan con elevadas dosis de fosfato diamónico a la plantación y con urea al levantar el surco. Este manejo del cultivo, sin tener en cuenta la real demanda del cultivo, ocasiona incremento en los costos de producción y teniendo en cuenta lo determinado por Costa *et al.* (2000) deriva en efectos ambientales indeseables.

Se puede resumir que la concentración de $N-NO_3^-$ tendió a ser mayor en Innovator y Gem Russet respecto de Bannock Russet y Russet Burbank. Con respecto a los métodos utilizados para determinar el estado nutricional, la concentración de $N-NO_3^-$ sólo permitió establecer el umbral de suficiencia de nitrógeno en la etapa de llenado de tubérculos. El bajo estrés nitrogenado en estos ensayos impidió determinar umbrales para el IV y el ISN.

Sería conveniente contar con experiencias en situaciones de mayor estrés de N a fin de poder diferenciar mejor el comportamiento varietal y de los métodos de diagnóstico.

AGRADECIMIENTOS

A Efraín Battistoni de Work People SA y a Alejandro Orofino de la empresa McCain Argentina SA por la dedicación puesta de manifiesto en llevar adelante estos trabajos y al personal del laboratorio de la Estación Experimental INTA de Balcarce por el trabajo realizado. Al Ing. Agr. Emilio Ortiz y Sr. Miguel Farisano de Estancia Bellamar y al Sr. Miguel Carseller, Ing. Agr. Diego Potes e Ing. Agr. J. Schoenemann de Estancia El Bonete por la valiosa colaboración brindada en la ejecución de los ensayos. Al Ing. Agr. Jorge Labonia de Yara Argentina SA por su interés y los aportes realizados durante la ejecución de estos trabajos.

Financiación

Este trabajo fue financiado parcialmente por McCain Argentina SA, Yara Argentina SA, por el proyecto 15/A160 (AGR 163/03) de la Facultad de Ciencias Agrarias UNMP y con recursos de la Estación Experimental INTA de Balcarce.

BIBLIOGRAFÍA

- Bray, RH & L Kurtz. 1945. determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Cacace, JE & MA Huarte. 1996. Descubriendo la papa. INTA. Fundación ArgenINTA. Balcarce. 66 p.
- Caldiz, DO & FG 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): 7-12 p.
- Cate, RB & LA Nelson. 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. *Tech. Bull. 1. Int. Soil Testing Ser. N. C. State Univ., Raleigh.*
- Costa, JL; E Suero; F Bedman; E Bocanegra & D Martínez. 2000. Contaminación de acuíferos superficiales con nitratos. Efecto de las distintas prácticas agrícolas. Taller Internacional sobre Contaminación de suelos y aguas por agroquímicos. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, (CD).
- Dow, AI & S Roberts. 1982. Proposed, critical nutrients ranges for crops diagnosis. *Agron. J.* 74:402-404.
- Echeverría, HE & R Bergonzi. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* 135. Est. Exp. Agrop. INTA Balcarce.
- Echeverría, HE; RA Strada & GA Studdert. 2000. Métodos rápidos de análisis de plantas para evaluar la nutrición nitrogenada en el cultivo de trigo. *Ciencia del suelo* 18:105-114.
- Echeverría, HE & GA Studdert. 2001. Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ciencia del Suelo* 19:67-74.
- Falotico, J; GA Studdert & HE Echeverría. 1998. Monitoreo de la nutrición nitrogenada del trigo a través del contenido de clorofila en hoja. IV Congreso Nacional de trigo. II Simposio Nacional de cereales de siembra otoño-invernal. pp. 3-20.
- Giletto, CM. 2002. Comparación de métodos para evaluar la nutrición nitrogenada en papa. Tesis presentada como requisito para optar por el grado de Magister Scientiae en el programa de Postgrado en Producción Vegetal. Fac. Ciencias Agrarias. UNMP. 74 pp.
- 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.
- Huarte, MA. 1996. Situación de la producción de papa en la Argentina. III Jornadas técnicas de papa semilla. Malargüe, Mendoza, Argentina. Pp 40-44.
- Haverkort, AJ & DKL MacKerron. 2000. Management of nitrogen and water in potato production. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands. 353 pp.

- 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.
- Mac Kerron, DK; MW Young & HV Davies. 1995. A critical assessment of the value of petiole sap analysis in optimizing the nitrogen nutrition of potato crop. *Plant and Soil* 172:247-260.
- Marquard, RD & JL Tipton. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and in situ method to estimate leaf greenness. *HortScience* 22, p. 1327.
- Minotti, PL; PE Halseth & JB Siczka. 1994. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *HortScience* 29:1497-1500.
- 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.
- Rattín, JE; CM Giletto & HE Echeverría. 2004. Comparación de métodos de determinación de nitratos en peciolo de cultivares de papa. *RIA* 33:117-134.
- Sainz Rozas, H & HE Echeverría. 1998. Uso del medidor de clorofila para el monitoreo de la nutrición nitrogenada del cultivo de maíz. *Rev. Fac. Agronomía La Plata* 103:37-44.
- Saluzzo, A; HE Echeverría; FH Andrade & M Huarte. 1999. Nitrogen nutrition of potato cultivars differing in maturity. *J. Agronomy & Crop Science* 183:157-165.
- SAS. Institute Inc. 1985. User's guide. Statistics version 5 edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Shaahan, MM; AA El-Sayed; EAA Abou & El-Nour. 1999. Predict nitrogen magnesium and iron nutritional status in some perennial crops using a portable chlorophyll meter. *Scientia Horticulturae* 82:934-348.
- Varvel, GE; JS Schepers & DD Francis. 1997. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1233-1239.
- Vitosh, ML & GH Silva. 1996. a. Factors affecting potato petiole sap nitrate tests. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis* 27:1137-1152.
- Vitosh, ML & GH Silva. 1996. b. Potato petiole sampling procedure for sap nitrate testing. Michigan State University Extension Home page. Vegetable CAT home page. 3p. (24/05/01).
- Vos, J & MBom. 1993. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the nitrogen status of potato foliage. *Pot. Res.* 36:301-308.
- 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.
- Waterer, D. 1997. Petiole sap NO₃-N testing as a method for monitoring nitrogen nutrition of potato crops. *Can. J. Plant Sci.* 77:273-278.
- Westcott, M; V Stewart & R Lund. 1991. Critical petiole nitrate levels in potato. *Agron. J.* 83:844-850.
- Westermann, DT & GE Kleinkopf. 1985. Nitrogen Requirements of Potatoes. *Agron. J.* 77:616-621.
- Westermann, DT. 1993. Fertility Management. *In: RC Rowe* (ed.) potato Health Management, 9, pp 77-86. APS Press. St Paul, Minnesota, USA.